CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE
(ORGANIZADOR)

Collection:

APPLIED TRANSPORT ENGINEERING

Ano 2022

CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE
(ORGANIZADOR)

Collection:

APPLIED TRANSPORT ENGINEERING

Ano 2022

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Camila Alves de Cremo
Daphynny Pamplona
Gabriel Motomu Teshima
Luiza Alves Batista
Natália Sandrini de Azevedo
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Collection: applied transport engineering

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Carlos Eduardo Sanches de Andrade

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C697 Collection: applied transport engineering / Organizador Carlos Eduardo Sanches de Andrade. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-863-9
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.639221701

1. Transport engineering. I. Andrade, Carlos Eduardo Sanches de (Organizador). II. Título.

CDD 629.04

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce,* ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A obra "*Collection: Applied Transport Engineering*" publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 8 capítulos, estudos sobre diversos tópicos relacionados à aplicação da Engenharia de Transportes.

A Engenharia de Transportes proporciona mecanismos que alavancam o crescimento econômico das cidades, contribuindo para melhorar a qualidade de vida de seus cidadãos. Não se pode imaginar uma sociedade moderna sem um sistema de transporte eficiente e de alta qualidade, capaz de transportar bens e pessoas com rapidez e conforto.

Os trabalhos compilados nessa obra abrangem diferentes perspectivas da Engenharia de Transportes aplicada a diferentes situações no Brasil e nas Américas.

A pavimentação das estradas e aspectos relacionados ao bom desempenho da pavimentação são abordados. A competitividade logística de agrupamentos industriais é também abordada. Entre outros temas temos o transporte público, a sustentabilidade, BRTs, polos universitários, telefonia móvel e segurança viária.

Agradecemos aos autores dos diversos capítulos apresentados e esperamos que essa compilação seja proveitosa para os leitores.

Carlos Eduardo Sanches de Andrade

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

ANÁLISE COMPARATIVA DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTO FLEXÍVEL PELO MÉTODO DNIT 008/2003 E CONTAGEM DE TRÁFEGO DE DOIS TRECHOS DA PE-217

Data de aceite: 10/01/2022
Data de submissão: 03/12/2021

Raiane Ferreira Matos
Centro Universitário do Vale do Ipojuca – UNIFAVIP
http://lattes.cnpq.br/1676650262563641

Maria Victória Leal de Almeida Nascimento
Universidade Federal do Maranhão – UFMA
http://lattes.cnpq.br/2104309750203808

Pâmella Talyta Resende Ferreira
Centro Universitário do Vale do Ipojuca – UNIFAVIP
http://lattes.cnpq.br/8351863287513444

RESUMO: Esta pesquisa tem por objetivo verificar e analisar as condições em que se encontra o pavimento de dois trechos da rodovia PE-217, que interligam as cidades de Pesqueira e Venturosa, sabendo que ambos os trechos foram restaurados pela mesma empresa no ano de 2014 e atualmente encontram-se em qualidades distintas. A partir desse ponto foram quantificadas as manifestações patológicas presentes no pavimento flexível ao longo da via, através do levantamento visual contínuo, segundo a norma DNIT 008/2003 – PRO e da estimativa do tráfego da rodovia, através do volume médio diário. As manifestações patológicas encontradas na rodovia foram: panelas, remendos e trincas couro de jacaré. Verificou-se que os trechos da PE-217 apresentaram qualidades distintas, sabendo que o Trecho 1 (Pesqueira-Alagoinha), apresentou qualidades boas e ótimas, necessitando apenas de conservação rotineira, já o Trecho 2 (Alagoinha-Venturosa), apresentou todas as suas seções com qualidades péssimas, necessitando de uma reconstrução.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimento. Manifestações Patológicas. Qualidades Distintas.

COMPARATIVE ANALYSIS OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS ON FLEXIBLE PAVEMENT BY THE DNIT 008/2003 METHOD AND TRAFFIC COUNT OF TWO STRETCHES OF PE-217 TÍTULO DO

ABSTRACT: This research focuses on verifying and analyzing the conditions of the pavement of two stretches of the PE-217 highway, connecting the cities of Pesqueira and Venturosa, knowing that both stretches were restored by the same company in 2014 and are in different conditions currently. From this point, the pathological manifestations presented in the flexible pavement along the road were quantified by the use of continuous visual survey, according to DNIT 008/2003 – PRO and the counting of the highway traffic, through the average daily volume. The pathological manifestations found on the highway were pans, patches and aligator leather cracks. It was verified that the two sections of the highway were found in different conditions, in which the Stretches 1 (Pesqueira- Alagoinha) has showed good quality, requiring routine conservation only, and the Stretches 2 (Alagoinha- Venturosa) has showed all of its sections in poor conditions, requiring total reconstruction.

KEYWORDS: Pavement. Pathological Manifestations. Distinct Qualities.

1 | INTRODUÇÃO

As rodovias são de extrema importância para o desenvolvimento socioeconômico, tendo em vista que os meios de transporte são responsáveis por permitir o deslocamento das pessoas e das cargas do nosso país. Estudos recentes realizados pela CNT (2019) apontam que a extensão da malha rodoviária brasileira é de 1.720.700 km, dos quais apenas 12,4% (213.453 km) estão pavimentados; 78,5% (1.349.938 km) representam rodovias não pavimentadas e 9,1% (157.309 km) estão em planejamento. Diante disso, a falta de infraestrutura no transporte rodoviário brasileiro afeta diretamente na falta de segurança, conforto e no aumento do custo operacional com o transporte, pois a má qualidade das rodovias irá interferir no aumento dos gastos com manutenções dos veículos.

Diante disso, as rodovias encontram-se desgastadas apresentando manifestações patológicas, que são decorrentes da falta de manutenção adequada por partes dos investimentos em infraestrutura rodoviária que se encontra abaixo das necessidades do país.

Para Rossi (2017) pavimentação é toda estrutura existente nas ruas onde ocorrem a locomoção de pessoas, através dos meios de transportes. Os pavimentos precisam resistir há esforços verticais e horizontais, diante disto necessita-se realizar um estudo do solo e das solicitações que serão aplicadas para desenvolver o projeto e assim apresentar uma maior durabilidade garantindo conforto e segurança para a sociedade. De modo geral as rodas dos veículos geram sobre os pavimentos flexíveis deformações, as quais podem levar a estrutura a deformações permanentes, podendo assim chegar ao rompimento (Senço, 2007).

Perante isso, todo pavimento possui um tempo de vida útil, em que irá resistir aos esforços sem que ocorram deformações e manifestações patológicas que venham acarretar a falta de segurança e conforto ao longo da via. Mas é comum que o pavimento apresente uma série de defeitos antes mesmo de chegar ao tempo de vida útil a qual foi projetado. Portanto, é de extrema importância conhecer e entender o comportamento, estrutura e o tempo de vida útil do pavimento, para que assim sejam tomadas as devidas medidas, como manutenções, reparos ou reforços.

Estudos de análise dos pavimentos flexível vêm sendo realizados. Santos *et al.* (2019) estudaram e classificaram dois trechos de rodovia estadual de Pernambuco utilizando o método de avaliação do DNIT 009/2003 – PRO e o Volume Médio Diário (VMD). Terceiro Neto *et al.* (2019) analisaram as condições do pavimento na cidade de João Pessoa/PB, utilizando a Norma do DNIT 009/2003 – PRO e a Norma do DNIT 006/2003 – PRO. Luz *et al.* (2019) examinaram de forma objetiva a superfície de pavimento flexível na Universidade Federal do Tocantins. Salviatto *et al.* (2019) avaliaram as condições dos

pavimentos flexíveis urbanos com base no conforto, analisando os defeitos e o volume do tráfego.

A rodovia PE-217 apresenta dois trechos que possuem o seu revestimento afetado por manifestações patológicas. Tendo em vista que as más condições do pavimento geram desconforto, demora no deslocamento dos veículos e falta de segurança, afetando diretamente no tráfego dos veículos.

Este trabalho tem como finalidade realizar uma análise das manifestações patológicas existentes nos trechos da PE-217 entre os municípios de Pesqueira à Venturosa que são divididos pelo município de Alagoinha, tendo em vista que os trechos foram restaurados pela mesma empresa no ano de 2014, e atualmente encontram-se em qualidades distintas. Diante do exposto, o presente trabalho torna-se relevante no que diz respeito à importância da análise do pavimento flexível, para que assim possa conhecer a real situação em que as rodovias locais se encontram e compreender as manifestações patológicas decorrentes da falta de manutenções adequadas.

Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho é realizar uma análise comparativa em relação as manifestações patológicas presentes no pavimento nos dois trechos Pesqueira - Alagoinha e Alagoinha - Venturosa da PE-217, identificando as principais manifestações patológicas existentes na PE-217, verificando as condições de serviço e serventia dos pavimentos e, estimando e comparando o tráfego de veículos nos trechos da PE-217.

2 | MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTO FLEXÍVEL

Conforme Taborda Júnior (2014) pavimento flexível é composto por revestimento asfáltico sob a camada de base, os esforços aplicados sob a camada de rolamento são absorvidos pelas diversas camadas que o compõe. As cargas atuantes sobre o pavimento flexível geram um grupo de tensões concentradas nas proximidades do ponto de aplicação dessas cargas, o que proporciona maiores esforços verticais sobre a fundação (Balbo, 2007).

Diversas são as manifestações patológicas asfálticas, assim como as causas que podem vir a gerar esses defeitos. Conforme Balbo (2007) as manifestações patológicas ocorrem no processo de perca de qualidade estrutural e funcional do pavimento que vem a ocorrer durante a sua vida de serviço, tais fatores são responsáveis pelas danificações no pavimento, sejam: materiais de má qualidade, cargas de veículos, produtos químicos, e fatores ambientais, como temperatura, umidade.

De acordo com Bernucci *et al.* (2006) os defeitos podem acontecer antes do período previsto por erros de projeto, que podem ser relacionados a dificuldade ao prever o tráfego de veículos que acontecerá no período do projeto ou podem vir a acontecer após esse período devido a utilização pelo tráfego e os fatores ambientais. As principais manifestações

patológicas são: as fendas, fissuras, trincas, afundamentos, ondulação, escorregamento, exsudação, desgaste, panelas ou buracos e remendos. As trincas são classificadas em isoladas transversal, interligada tipo bloco, interligada tipo jacaré, já os afundamentos podem ser classificados em plástico e de consolidação.

3 | ANÁLISE DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

Conforme DNIT (2003) o Levantamento Visual Contínuo (LVC) consiste em fixar os procedimentos necessários na avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos, tendo como base o ICPF (índice de condição de pavimentos flexíveis ou semirrígidos), o IGGE (índice de gravidade global expedito) e o IES (índice do estado da superfície do pavimento).

Tendo como base a norma DNIT - PRO 008/2003 o LVC é realizado da seguinte forma: necessita-se de um veículo com o velocímetro calibrado para a aferição das distâncias percorridas, o veículo deve ser operado a uma velocidade média aproximada de 40km/h, percorrendo a pista por um único sentido e em caso de rodovias de pista dupla o levantamento será feito para cada pista em separado.

Ainda conforme o DNIT (2003) o processo de avaliação usado no LVC compreende o preenchimento do formulário manualmente, onde as duas faixas de tráfego dos trechos em análise são avaliadas em segmentos de 1 km de extensão.

De acordo com Korzekwa (2015) o Volume Médio Diário (VMD) é o principal parâmetro para o estudo do tráfego de uma rodovia, é definido pelo número de veículos que passam por uma seção ou trecho de uma rodovia, em um determinado intervalo de tempo. O VMD é obtido através da média dos volumes de veículos que circulam em um trecho da rodovia durante 24 horas. É através desse volume que se classifica a estrada, dimensionamento do pavimento cálculo das taxas de acidentes, indica a necessidade de novas vias e melhorias das existentes, análises de capacidade, projeto geométrico de estradas, estudos da viabilidade da via, projetos para a construção e conservação (DNIT, 2006).

4 | METODOLOGIA

Em relação a situação dos pavimentos analisados, a pesquisa é dita como qualitativa, quanto a realização do VMD, a pesquisa é dita como quantitativa, já em relação ao procedimento, é classificada como estudo de caso, devido a análise de um caso individual. O método da pesquisa empregado foi a análise comparativa que será realizada entre os dados do tráfego de veículos estabelecidos com a realização do VMD e o LVC. Os dados analisados serão os aspectos gerais da rodovia, tais como: condições do pavimento, manifestações patológicas e tráfego. Como referência para as pesquisas de campo foi utilizada a norma DNIT 008/2003-PRO – LVC para avaliação da superfície de pavimentos

flexíveis e semirrígido e a norma DNIT 005/2003-TER – Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos.

O estudo tem como cenário dois trechos da PE-217 entre os municípios Pesqueira-Alagoinha e Alagoinha-Venturosa, que tem seu ponto inicial no trevo da saída da BR-232 da cidade de Pesqueira-PE, se estendendo até a entrada da cidade de Venturosa-PE na BR-424. A rodovia foi percorrida para que se possa observar e obter as informações do real estado em que a superfície encontra-se, através do LVC, com a intenção de quantificar e qualificar as patologias presentes nos trechos da estrada e estabelecer a classificação das manifestações patológicas, conforme a norma DNIT 005/2003-TER. Posteriormente, foi realizado a classificação do ICPF - Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis ou Semirrígidos, do IGGE - Índice de Gravidade Global Expedito e do IES - Índice do Estado da Superfície do Pavimento, de acordo com a norma DNIT 008/2003-PRO.

Os trechos que foram estudados da rodovia estadual PE-217, se estendem por 30 km e apresentam todo o trecho em pista simples. A Figura 1 mostra o trecho de estudo.

Figura 1: Trecho de Estudo.

Para o estudo, os trechos foram divididos em subseções, cada uma corresponde a 1 km de extensão do trecho total. A partir da coleta de dados que ocorreram em duas etapas, foi realizado o LVC nos trechos, o Trecho 1 do trevo da saída da BR-232 da cidade de Pesqueira-PE até a entrada da cidade de Alagoinha-PE e logo em seguida foi realizado o levantamento do Trecho 2, da saída da cidade de Alagoinha-PE até a entrada da cidade de Venturosa-PE, na BR-424. Foi montada uma planilha com as 30 seções com os seus

respectivos defeitos e seus respectivos níveis de severidade. O conceito de ICPF foi analisado primeiramente e posteriormente a determinação do IGGE, com o auxílio dos respectivos pesos em função da gravidade e frequência do defeito, sabendo que, quanto maior o IGGE, pior é o estado de superfície. Após encontrar o valor do ICPF e do IGGE, pode-se encontrar o valor de IES, variável entre 0 e 10, sabendo que, quanto maior for o seu IES, pior será o estado de superfície da seção.

Também foi realizado o VMD, com o objetivo de estimar o tráfego na PE-217 e assim analisar as possíveis relações do fluxo gerado com a qualidade do pavimento. Este foi executado no decorrer de duas semanas, de forma manual e para os dois sentidos da via, no decorrer de três dias da semana, com duração de uma hora em três horários do dia, a primeira semana foi para o Trecho 1 e a segunda semana para o Trecho 2. A contagem se realizou para os tipos de veículos: moto, carro, caminhão, ônibus e carreta e os dias escolhidos para a realização do VMD foram: a segunda-feira, por ser o dia da feira da cidade de Alagoinha, a terça-feira por ser o dia da feira da cidade de Venturosa e a quarta-feira por ser o dia da feira de Pesqueira, portanto são os dias da semana que os trechos possuem o maior tráfego de veículos.

Para a obtenção do VMD inicialmente foi realizada uma média aritmética com todas as contagens nos seus respectivos horários nos três dias, os horários foram estabelecidos de acordo com os horários de pico da rodovia, das 07:00 às 08:00 horas; das 13:00 às 14:00 horas e das 18:00 às 19:00 horas. Logo após realizar a contagem dos veículos, foi realizada uma média aritmética com todos os horários no decorrer dos três dias que foram realizadas as contagens, para assim estimar o tráfego de veículos da via. Logo após a realização dos levantamentos, os dados foram tabulados e analisados.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Identificação das Manifestações Patológicas

Na Tabela 1 podem ser observadas as patologias encontradas e sua frequência.

Defeitos	Frequência (%)
Remendo	86,67%
Buraco	83,33%
Trinca Couro de Jacaré	83,33%
Afundamento	3,33%

Tabela 1: Frequência dos Defeitos Encontrados na PE-217.

A partir dos dados obtidos, pode-se observar o nível de severidade dos defeitos presentes na PE-217. O remendo é o defeito mais encontrado na PE, presente em 26

das 30 seções avaliadas, totalizando 86,67%. Quanto ao nível de severidade, 4 seções não possuem esse defeito, 2 possuem nível de severidade baixo, 4 seções possuem nível médio e 20 seções possuem nível de severidade alto.

O buraco esteve presente em 25 das 30 seções avaliadas, resultando 83,33%. Quanto ao nível de severidade, 5 destas seções não possuem esse defeito, 5 possuem nível de severidade baixo, nenhuma seção possui nível médio e 20 seções possuem nível de severidade alto. As trincas couro-de-jacaré estiveram presentes em 24 seções das 30 seções avaliadas, concluindo 83,33%. Quanto ao nível de severidade, 5 destas seções não possuem esse defeito, 6 possuem nível de severidade baixo, nenhuma seção possui nível médio e 19 seções possuem nível de severidade alto.

O defeito afundamento esteve presente em 1 das 30 seções avaliadas. Quanto ao nível de severidade, 29 destes trechos não possuem esse defeito, 1 trecho possui nível de severidade baixo, nenhum trecho possui nível médio e alto.

5.1.1 Trecho 1 (Pesqueira - Alagoinha)

As principais manifestações patológicas encontradas nesse trecho foram: panelas, remendos e trincas couro de jacaré. Na Tabela 2 pode-se observar os defeitos totalizados no Trecho 1 (Pesqueira - Alagoinha), demonstrando o número de seções com os seus respectivos níveis de severidade baixa, média ou alta.

Nível de Severidade					Total de Trechos com Defeito
Defeitos	Não possui defeitos	A	M	B	
Remendo	4	2	4	2	8
Buraco	5	2	0	5	7
Trinca Couro de Jacaré	5	1	0	6	7

Tabela 2: Nível de Severidade dos Defeitos Encontrados no Trecho 1.

De acordo com os dados obtidos, identifica-se o nível de severidade dos defeitos presentes no Trecho 1. O remendo é o defeito mais encontrado no Trecho 1, presente em 8 das 12 seções avaliadas. Quanto ao nível de severidade, 4 seções não possuem esse defeito, 2 possuem nível de severidade baixo, 4 seções possuem nível médio e 2 seções possuem nível de severidade alto.

Enquanto o buraco esteve presente em 7 das 12 seções avaliadas. Quanto ao nível de severidade, 5 destas seções não possuem esse defeito, 5 possuem nível de severidade baixo, nenhuma seção possui nível médio e 2 seções possuem nível de severidade alto. As trincas couro-de-jacaré estiveram presentes em 7 das 12 seções avaliadas. Quanto ao nível

de severidade, 5 destas seções não possuem esse defeito, 6 possuem nível de severidade baixo, nenhuma seção possui nível médio e 1 seção possuem nível de severidade alto.

5.1.2 Trecho 2 (Alagoinha - Venturosa)

As principais manifestações patológicas encontradas no Trecho 2 foram: panelas, remendos, trincas couro de jacaré e afundamento. Na Tabela 3 pode-se observar os defeitos totalizados no Trecho 2 (Alagoinha – Venturosa), demonstrando o número de seções com os seus respectivos níveis de severidade baixa, média ou alta.

Nível de Severidade					Total de Trechos com Defeitos
Defeitos	Não Possui Defeitos	A	M	B	
Remendo	0	18	0	0	18
Buraco	0	18	0	0	18
Trinca Couro de Jacaré	0	18	0	0	18
Afundamento	17	0	0	1	1

Tabela 3: Nível de Severidade dos Defeitos Encontrados no Trecho 2.

Em conformidade com os dados obtidos, constata-se o nível de severidade dos defeitos presentes no Trecho 2. Os defeitos remendo, buraco e trinca couro de jacaré estiveram presentes em 18 das 18 seções avaliadas. Quanto ao nível de severidade, nenhuma seção possui nível de severidade baixo e médio, e 18 seções possuíram nível de severidade alto. O defeito afundamento esteve presente em 1 das 18 seções avaliadas. Quanto ao nível de severidade, 17 destes trechos não possuem esse defeito, apenas 1 seção possui nível de severidade baixo.

5.2 Levantamento Visual Contínuo

Conforme foram preenchidos todos os formulários, tendo como base os dados coletados e tabelados após a realização do LVC nos dois sentidos da via, ao longo dos 30 km. Assim foram obtidas as classificações para os Trecho 1 e 2, dispostas na Figura 2.
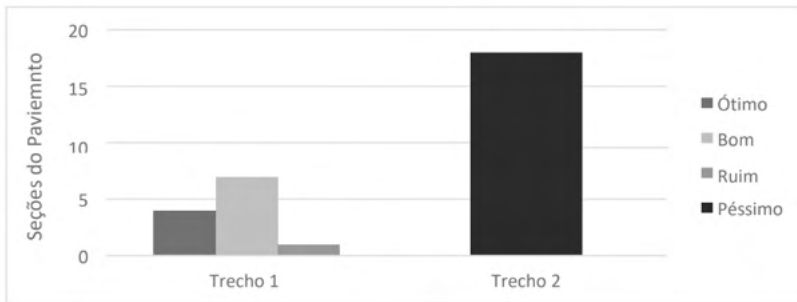
Figura 2: Índice do Estado de Superfície dos Trechos da PE – 217.

A Figura 2 mostra que dentre todas as seções analisadas, os piores estados de superfície de toda a rodovia estão localizados no Trecho 2, o qual apresentou todas as suas 18 seções com qualidade péssima. E assim necessita-se de maiores medidas de manutenções adequadas como a realização de uma reconstrução de todo o trecho.

O Trecho 1 apresentou seções com estado de superfície equivalentes a "ótimo", "bom" e "ruim", cerca de 7 das 12 seções foram classificadas como "bom", seguidos com 4 das 12 seções classificadas com "ótimo" necessitando apenas de conservações rotineiras e apresentando apenas 1 seção das 12 classificada como "ruim" necessitando do recapeamento com correções prévias nessa seção, conforme a norma DNIT - PRO 008/2003.

Após a realização das análises da rodovia foi possível identificar as seções que possuem os piores estados de conservação da superfície de toda a PE. Diante disso, foi identificado que todas as 18 seções do Trecho 2 encontra-se com o pior estado de superfície.

5.3 Estimativa do Tráfego de Veículos

A Figura 3 mostra a relação do fluxo do tráfego dos trechos da PE-217.
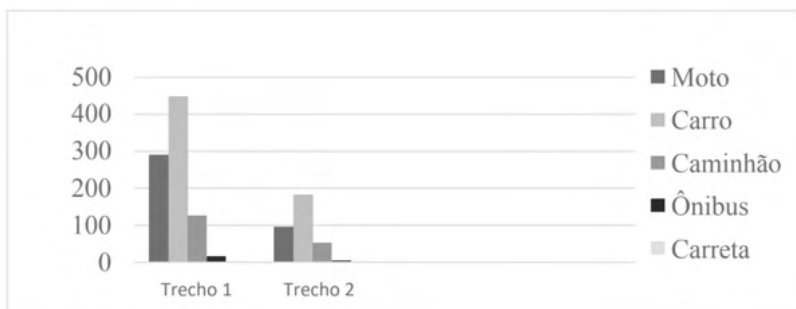
Figura 3: Volume Médio Diário dos Trechos da PE – 217.

A Figura 3 mostra o tráfego de veículos encontrado através do VMD para os dois trechos da PE-217, observa-se que no Trecho 1 trafegaram cerca de 290 motos, 448 carros, 127 caminhões, 17 ônibus e 3 carretas. No Trecho 2 trafegaram cerca de 96 motos, 182 carros, 53 caminhões, 5 ônibus e 2 carretas.

Sabendo que o tráfego de carga de veículos é um dos responsáveis pela degradação do pavimento, o Trecho 2 o qual se encontra em pior estado de conservação possui o menor tráfego de veículos em relação ao Trecho 1, o qual possui um maior fluxo de tráfego em relação a todos os tipos de veículos que trafegam pela rodovia.

5.4 Comparação dos Trechos da PE-217

As patologias encontradas foram: panelas, remendo, trincas couro de jacaré e afundamento. No Trecho 1 as manifestações patológicas são encontradas em uma menor frequência e menor gravidade em relação ao Trecho 2. Na Figura 4 observa-se a extensão da via sem a presença de manifestações patológicas no Trecho 1. A via apresenta seções onde não há presença de manifestação patológica.

Figura 4: Extensão da via sem a presença de defeitos no Trecho 1.

Dentre as 30 seções dos dois trechos analisadas, nas 12 seções do Trecho 1 apenas uma seção encontra-se com o estado de superfície “ruim” e as demais seções, 7 possuem o conceito de “bom” e 4 apresentam o conceito de “ótimo”. Todas as 18 seções do Trecho 2 possuem o pior estado de superfície da rodovia, apresentando um conceito “péssimo”. Na Figura 5 observa-se a extensão da via com um alto índice de manifestações patológicas no Trecho 2.

Figura 5: Alto Índice de Manifestações Patológicas no Trecho 2.

Sabendo que o Trecho 1, cerca de 59% das seções foram classificadas como “ótimo”, seguidos com 33% das seções classificadas como “bom” e apresentando apenas 8% das seções classificada como “ruim”. O Trecho 2, apresentou 100% das suas seções classificadas como “péssima”.

Em relação ao VMD, o Trecho 2 o qual encontra-se em pior estado de conservação apresentou um menor tráfego de veículos em relação ao Trecho 1, o qual se encontra em melhores condições.

6 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização deste trabalho, tornou-se claro a importância de conhecer os tipos de manifestações patológicas dos pavimentos flexíveis e avaliar a qualidade do pavimento, para que assim possam ser tomadas as medidas de manutenção necessárias no tempo previsto. Ao analisar a superfície da rodovia, a qual possui todo o seu revestimento asfáltico, foi realizada a classificação de seção por seção, com o objetivo de quantificar e qualificar as manifestações patológicas presentes na via, para que assim fosse realizada a classificação dos trechos e que fossem encontradas quais as medidas a serem adotadas para correção de tais patologias.

A rodovia embora restaurada, nos últimos sete anos, apresenta dois trechos com qualidades divergentes, onde um deles evidencia um alto índice de manifestações patológicas, possivelmente decorrentes da falta de manutenções adequadas, fiscalizações ou erros na execução.

Através da análise do pavimento, foi possível verificar que as principais patologias encontradas foram: panelas, remendo, trincas couro de jacaré e afundamento. Conferiu-se que a PE-217 apresenta cerca de 3% da sua extensão com o pavimento em condições ruins, seguidas de 13% em condições ótimas, 24% de boa qualidade e representando 60%

com condição péssima.

Foi possível observar que o Trecho 2 foi classificado como “péssimo”, por indicação da norma DNIT 008/2003, deste modo, deverá ser totalmente reconstruído, não sendo possível haver apenas a conservação. No Trecho 1, observa-se que suas 12 seções variaram entre a qualidade “ótimo”, “bom” e “ruim”, por indicação da norma DNIT 008/2003, logo, deverá ser feita apenas a conservação rotineira, sendo que apenas uma seção foi classificada como “ruim”, portanto, deverá ser realizado o recapeamento com correções prévias nessa seção.

Com base na contagem do VMD não pode ser constatado relação direta com a qualidade do pavimento, uma vez que o Trecho 2 apresenta fluxo baixo de veículos e classificação de péssimo para todas as suas seções analisadas.

Logo, considerando a pesquisa realizada e verificando a situação atual do pavimento do Trecho 2 da rodovia, acredita-se que o mesmo apresenta problemas de infiltração no solo, nas camadas que compõe o pavimento e também foi construído com materiais de má qualidade e apresentando erros durante sua execução, o que faz com que as condições de projeto da rodovia não sejam atendidas. Portanto nota-se que há discordâncias na execução do projeto, já que ambos os trechos foram reconstruídos no mesmo ano de 2014 e pela mesma empresa. Por fim se indica para possíveis trabalhos futuros, o estudo e análise do solo e das camadas que compõe o pavimento, para assim identificar as causas possíveis das patologias vistas em campo.

REFERÊNCIAS

Balbo, J. T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração.** Oficina de Textos, São Paulo, 2007.

Bernucci, L. B et al. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros.** Rio de Janeiro: PETROBRÁS/ ABEDA, 2006.

CNT (2019) **Pesquisa CNT de Rodovias 2019 – Confederação Nacional do Transporte**. Brasília.

DNIT (2003) TER 005 – **Defeitos nos pavimentos rígidos e semirrígidos** – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. Rio de Janeiro, Rj.

DNIT (2003) PRO 008 – **Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígido** – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, Rj.

DNIT (2006) – **Manual de estudos de tráfego – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.** Rio de Janeiro, Rj.

Hermes, T. B. **Impacto do Alto Tráfego em Pavimento Dimensionado para Baixo Tráfego** – Estudo de Caso. Coronel Barros – RS. 2013. 81 f. Monografia, Ijuí, 2014.

Luz, L. F. P; C. R. A. Junior de; V. Ferreira e C. M. Miranda. **Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimento Flexível na Universidade Federal do Tocantins** – Campus de Palmas. Anais do XXXIII Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte, ANPET, Balneário Camboriú, SC, 2019.

Korzekwa, A. E. **Volume e Contagem de Tráfego**. Cascavel, 2015.

Rossi, A. C. **Etapas de uma obra de pavimentação e dimensionamento de pavimento para uma via na ilha do fundão.** 2017. 63 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

Salviatto, V. H; C. A. P. S. Júnior da; H. B. Fontenele. **Avaliação da Condição de Pavimentos Flexíveis Urbanos Baseada no Conforto, Defeitos e Volume de Tráfego.** Anais do XXXIII Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte, ANPET, Balneário Camboriú, SC, 2019.

Santos, T.C dos; M. V. L. A. Nascimento de; D.P. Silva; R. Araújo. **Análise de Pavimento Flexível Pelo Método Dnit 009/2003 – Pro e Contagem de Tráfego de Dois Trechos da Pe-112.** Anais do XXXIII Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte, ANPET, Balneário Camboriú, SC, 2019.

Senço, W. **Manual de técnicas de pavimentação.** São Paulo: Pini, 2007.

Taborda Júnior, E. P; S. L. M. Magalhães. **Pavimentação Em Vias Públicas: Análise do Estado do Pavimento da Avenida Coronel Escolático em Cuiabá – MT** Engineering and Science, scientific jornal of PART and ICET UFMAT, Mato Grosso, v.1, maio, 2014.

Terceiro Neto, A.D. L de; M. B. M. F. Silva da; R. A. S. S; V. B. O. Araújo de; R. A. Melo de. **Avaliação das Condições do Pavimento em Via Urbana na Cidade de João Pessoa/Pb – Comparação Entre Índices.** Anais do XXXIII Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte, ANPET, Balneário Camboriú, SC, 2019.

Salviatto, V. H; C. A. P. S. Júnior da; H. B. Fontenele. **Avaliação da Condição de Pavimentos Flexíveis Urbanos Baseada no Conforto, Defeitos e Volume de Tráfego.** Anais do XXXIII Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte, ANPET, Balneário Camboriú, SC, 2019.

Santos, T.C dos; M. V. L. A. Nascimento de; D.P. Silva; R. Araújo. **Análise de Pavimento Flexível Pelo Método Dnit 009/2003 – Pro e Contagem de Tráfego de Dois Trechos da Pe-112.** Anais do XXXIII Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte, ANPET, Balneário Camboriú, SC, 2019.

Senço, W. **Manual de técnicas de pavimentação.** São Paulo: Pini, 2007.

CAPÍTULO 2

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE CINZAS PESADAS DE TERMOELÉTRICAS PARA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS INTERTRAVADOS

Data de aceite: 10/01/2022
Data de submissão: 06/10/2021

Maria Regilene Gonçalves de Alcantara
Instituto Federal do Ceará campus Juazeiro do Norte Juazeiro do Norte - Ceará
http://lattes.cnpq.br/4618301557655424

Suelly Helena de Araújo Barroso
Universidade Federal do Ceará
Fortaleza - CE
http://lattes.cnpq.br/5132757639915375

Viviane Brito Viana
Instituto Federal do Ceará campus Juazeiro do Norte Juazeiro do Norte - Ceará
http://lattes.cnpq.br/8766315494596195

RESUMO: Os setores da construção civil e pavimentação possuem grande potencial para absorver resíduos que podem ser usados na fabricação de Blocos de Concreto para Pavimentos Intertravados (BCPI). Baseado nessa alternativa, o estudo teve por objetivo testar as cinzas pesadas (*bottom ash*), oriundas de uma usina termoelétrica do estado do Ceará, na substituição de agregados miúdos naturais para fabricação de BCPI. Para tanto, foram coletadas cinzas da termoelétrica e agregados convencionais. Inicialmente, foram realizados ensaios de caracterização dos materiais, dosagem e fabricação do concreto, bem como ensaios mecânicos e ambientais dos blocos de acordo com especificações normativas. Fabricou-se o concreto para os blocos com Traço de Referência (TR) e Traços (T) alternativos nas porcentagens de T10, T20, T30, T40 e T50 de substituição em sua fração miúda por cinza. Foram realizados ensaios no concreto no estado fresco, em todos os traços, pelo método de ensaio consistômetro “VeBe” onde foram classificados como concreto extremamente seco. Todos os blocos foram aprovados quanto à inspeção visual, avaliação dimensional e desgaste à abrasão. Entretanto, para o caso do ensaio de resistência à compressão, constatou-se que todos os traços, inclusive o TR, apresentaram valores inferiores ao recomendado na ABNT NBR 9781:2013 é de 35 Mpa. Ambientalmente, a cinza pesada e os blocos classificaram-se como resíduos não perigosos e não inertes. Conclui-se que os traços utilizados na fabricação dos BCPI com cinza pesada e agregados naturais, segundo avaliação da norma, não podem ser utilizados para tráfego de veículos leves e veículos comerciais de linha, mas podem ser empregados em ambientes com sobrecargas pequenas, como, por exemplo, em calçadas, praças e ciclovias. Sugere-se que a norma brasileira referente aos BCPI sejam revistas, para que possam considerar uma análise mais mecanística dos esforços que atuam no pavimento intertravado.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimento intertravado. Resíduos. Termoelétrica. Cinzas pesadas.

STUDY OF THE USE OF HEAVY THERMOELECTRIC ASHES FOR THE PRODUCTION OF CONCRETE BLOCKS FOR INTERLOCKED FLOORS

ABSTRACT: The construction and paving sectors

have great potential to absorb wastes that can be used in the manufacture of Concrete Blocks for Interlocking Pavements (CBIP), making it an important engineering solution. Based on this alternative, the study had as objective to test the bottom ash, from a thermoelectric of the state of Ceará, in the substitution of natural fine aggregates in the manufacture of CBIP. In order to do so, it was collected ashes of the thermoelectric and conventional aggregates for the measurement of a reference trace and alternative traces of substitution. Initially, tests were carried out to characterize the materials, dosage and manufacturing of the concrete, as well as mechanical and environmental tests of the blocks according to normative specifications. The concrete for the blocks with wix of Reference (TR) and Traces (T) in the percentages of T10, T20, T30, T40 and T50 of substitution in its small fraction by ash was fabricated. Tests were performed on the concrete in the fresh state, of all traces, by the "VeBe" consistometer test method being classified as "extremely dry" concrete. All block were approved for visual inspection, dimensional assessment and abrasion wear. However, in the case of the compressive strength test, it was found that all traces, including TR, presented values lower than 35Mpa at 28 days of cure. Environmentally bottom ash and blocks were classified as non-hazardous and non-inert waste. It is concluded that the traces used in the manufacture of CBIP with bottom ash and natural aggregates, according to the evaluation of ABNT NBR 9781: 2013, can not be used for traffic of light vehicles and commercial vehicles of line, but can be used in environments with overloads such as sidewalks, squares and cycle paths.
KEYWORDS: Interlocked pavement. Waste. Thermoelectric. Bottom ashes.

1 | INTRODUÇÃO

A questão meio ambiente, sociedade e sustentabilidade tem sido motivo de intensos debates no âmbito técnico e acadêmico, compondo um novo paradigma no intuito de evitar ou amenizar as consequências do uso inadequado dos recursos naturais haja vista que esses são limitados, sendo importante encontrar alternativas para garantir o progresso sem que se esgotem. De acordo com Costa (1998), o aproveitamento de resíduos deve ser encarado como uma prática preservacionista e restauradora, de elevado sentido ambiental e ecológico. Assim, reaproveitar ou reutilizar resíduos sólidos de outras atividades ou processos torna-se essencial na prática da engenharia mais moderna e autossustentável.

Diante desse cenário, podem-se citar os resíduos gerados pelas atividades das usinas termelétricas, onde ocorre o processo de geração de energia utilizando carvão mineral como combustível. Nesse processo são gerados resíduos sólidos que podem ser classificados em: escória da caldeira, cinzas pesadas ou bottom ash (mais densas), cinzas leves ou fly ash (menos densas) e o Spray Dryer Ash (SDA) gerado do sistema de dessulfurização dos gases da combustão (FGD).

Tendo em vista o contexto apresentado, esta pesquisa buscou investigar a viabilidade em reaproveitar os resíduos, como as cinzas pesadas, provenientes das termelétricas movidas a carvão mineral para fabricação de Blocos de Concreto para Pavimentos Intertravados (BCPI), substituindo na composição do concreto porcentagens dos agregados naturais por cinzas.

2 I REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com a Resolução do Conama no 313/2002 que dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais, a definição para resíduo sólido industrial é tudo o que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semissólido, gasoso – quando contido, e líquido – cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2002).

No Brasil, de acordo com a PNRS, a destinação dos resíduos industriais é obrigação do gerador. Se o gerador é o responsável pelo tratamento e pela destinação final dos resíduos, ele pode executar esse papel por si próprio – tratamento interno – ou contratar serviços de empresas especializadas – tratamento externo. Nesse sentido, elaborou-se um conjunto de normas brasileiras relacionadas, resumidamente apresentadas na Figura 1.
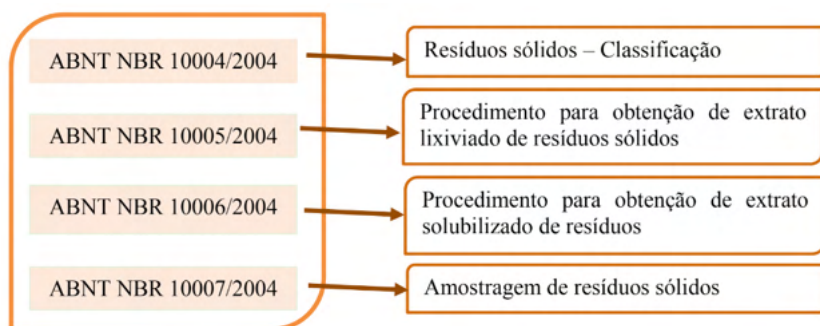
Figura 1 – Normas para classificação e padronização dos resíduos sólidos.

Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

De acordo com ABNT NBR 10004:2004, na classificação dos resíduos sólidos devem ser considerados alguns aspectos como o reconhecimento do processo ou atividade que o gerou, da sua composição e características e ainda a comparação desses compostos com listagem de resíduos e substâncias no que se refere aos impactos causados ao meio ambiente e saúde para que sejam conhecidos. Dessa forma a classificação para os efeitos desta Norma, os resíduos são classificados em:

a) **Resíduos Classe I – Perigosos**: são os resíduos que apresentam periculosidade ou pelo menos uma das seguintes características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade;

b) **Resíduos Classe II – Não Perigosos:** são os resíduos não perigosos e que não se enquadram na classificação de resíduos classe I.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Para elaboração do presente trabalho foram usados os materiais descritos na Tabela 1 que apresenta a nomenclatura para identificá-los.

Materiais	Nomenclatura Adotada
Agregado Graúdo Natural	AGN
Agregado Miúdo Natural	AMN
Agregado Graúdo – Cinza Pesada	AGCP
Agregado Miúdo – Cinza Pesada (beneficiada)	AMCP
Cinza Pesada (*in natura*)	CPIN
Aglomerante – Cimento	CIME
Areia Natural	ARN
Aditivo	ADIT

Tabela 1 – Nomenclatura Usada para Identificar os Materiais Usados na Pesquisa.

Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

3.2 Fabricação dos Blocos e Realização dos Ensaios Normatizados

Para a fabricação dos blocos todos os materiais foram secos em estufa e a cinza pesada foi separada nas mesmas curvas granulométrica dos AMN e AMCP. Em seguida, procedeu-se a determinação do peso dos materiais para a confecção do TR e demais traços (AGN+AMN+CIME+ÁGUA+ADITIVO diluído na água + %AMCP). Para isto, foram necessários: (i) baldes de plástico limpo para armazenar os agregados e transportar o concreto fabricado; (ii) betoneira (iii) vibroprensa e (iv) pessoal com experiência para operar os equipamentos.

A máquina de Vibroprensa fabricada pela Empresa Tprex que se utilizou na pesquisa é operada manualmente, por acionamento hidráulico. A capacidade do cilindro hidráulico da referida máquina é de 4 toneladas e o motor responsável pela vibração tem 10 cv de potência.

Foram realizados ainda ensaios nos blocos já endurecidos de acordo com ABNT NBR 9781:2013, os requisitos e métodos de ensaios exigíveis para aceitação ou rejeição das peças de concreto para pavimentação intertravada. As amostragens para os ensaios de aceitação devem considerar o lote de fabricação, onde de cada lote devem ser retiradas, aleatoriamente, peças inteiras que constituam a amostra representativa, conforme especificado na Tabela 2.

Propriedades	Amostra por ensaio	Norma vigente ABNT
Inspeção visual	6[a]	NBR 9781/2013
Avaliação dimensional	6[a]	NBR 9781/2013
Absorção de água	3	NBR 9781/2013
Resistência à compressão	6	NBR 9781/2013
Resistência à abrasão	3[b]	NBR 12042/2013

[a] As peças amostradas podem ser utilizadas também para os ensaios de resistência à compressão ou abrasão.

[b] Ensaio facultativo Tabela 2 – Amostragem para os ensaios nos blocos.

Fonte: Adaptado (ABNT NBR 9781:2013).

De acordo com ABNT NBR 9781 (2013), para os ensaios de inspeção visual, avaliação dimensional e resistência à compressão, a amostra deve ter no mínimo seis peças para cada lote de fabricação até 300 m2 e uma peça adicional para cada 50 m2 suplementar, até perfazer a amostra máxima de 32 peças.

Em se tratando do ensaio de resistência à Abrasão empregou-se as recomendações da norma ABNT NBR 12042/2013. Nesse ensaio foram utilizadas duas peças de bloco para cada traço fabricado, onde foram cortadas com disco diamantado duas amostras de cada bloco nas seguintes dimensões (70mm × 70mm × 3 mm). Para a execução deste, primeiramente foi feita a leitura inicial dos corpos-de-prova. A seguir, iniciou-se o ensaio com percursos estipulados e feitas medições conforme indicadas na norma.

O estudo da Estatística apresenta medidas de dispersão que permitem a análise da dispersão dos dados. Entre elas a variância que é uma medida de dispersão que mostra quão distantes os valores estão da média. Quanto maior for a variância, mais distantes da média estarão os valores, e quanto menor for a variância, mais próximos os valores estarão da média (RIBEIRO, 2018). Para as análises estatísticas dos dados foi utilizado como ferramenta o Excel 2013.

4 I ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Resultados da Fabricação dos Blocos e da Realização dos Ensaios Normatizados

Nessa fase, foi acompanhado todo o processo de fabricação do concreto, moldagem e cura dos blocos. Após o período de cura de 24 horas, coberto por uma lona, empilhou-se todos os blocos em uma calçada. Após a definição de substituição para os traços, o primeiro traço fabricado foi o TR e a sequência de fabricação dos demais foi de ordem crescente de substituição até 50.

O procedimento para determinação da consistência do concreto seco no estado

fresco foi realizado nos seis traços produzidos nesta pesquisa, utilizando-se o método de determinação da consistência do concreto pelo consistômetro "VeBe" (modificado), onde baseia-se no desempenho das máquinas de vibroprensas utilizadas para fabricação de blocos de concreto para pavimentos intertravados, que necessitam do uso de concreto de característica extremamente seca.

Assim, como as vibroprensas trabalham com uma vibração potente e força de compressão sobre o concreto, o ensaio com o consistômetro "VeBe" modificado se enquadra e melhor assemelha a esse processo.

Este ensaio pode ser realizado tanto em laboratório quanto "in situ" sobre mistura de concreto pronta para despejar no local. No que se refere à pesquisa, ele foi realizado "in situ" imediatamente após o concreto ser fabricado, de acordo com os seguintes passos:

- coletou-se uma quantidade em balde (equivalente a 18 litros) em cada um dos traços rodados;
- lançou-se o concreto no cone que depois , após compactar cada camada a 1/3 da altura com 25 golpes da haste metálica de cheio é socado (25 golpes);
- retira-se o cone e afere-se o abatimento;
- liga-se a mesa vibratória ao mesmo tempo em que solta-se o disco transparente com o peso. No tocante, à pesquisa foi utilizado um disco de peso = 7,2 kg, que ficou sobre a placa de vidro durante os ensaios das amostras de concreto.

A consistência é fornecida conforme a duração de tempo de vibração necessário para o adensamento e a compactação da amostra utilizada. A Tabela 3 apresenta os resultados desta pesquisa, de acordo com a classificação da norma ACI 211.3 – 75.

Traços	**Resultados das Amostras Ensaiadas**		**Descrição da Consistência AIC 211.3 (1975)**
	Abatimento (mm)	**Tempo "VeBe" (s)**	
TR	0	30,2	Extremamente seco
T10	0	22,3	Extremamente seco
T20	0	21,5	Extremamente seco
T30	0	21,9	Extremamente seco
T40	0	22,1	Extremamente seco
T50	0	23,1	Extremamente seco

Tabela 3 – Resultados do Consistômetro "VeBe" Modificado para os Seis Traços Investigados.

Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

Neste ensaio os tempos "VeBe" entre 18 a 32 segundos é classificado como extremamente seco, para esta classificação recomenda-se métodos de compactação por

vibração forte e compressão para concretos com essa característica, como foi o caso dos concretos fabricados nesta pesquisa.

Os blocos foram confeccionados de acordo com o Formato Tipo 1, "tijolinho" ou "paralelepípedo", definidos no Anexo D (ABNT NBR 9781:2013). Foram fabricados cerca de 80 pavers de 10 cm × 20 cm × 10 cm (largura, comprimento e altura), por traço, desconsiderando os desperdícios no processo.

Os ensaios realizados nos blocos já endurecidos são importantes para a aceitação ou rejeição dos blocos de concreto para pavimentos intertravados. Eles foram executados conforme as exigências da ABNT NBR 978 (2013). O primeiro ensaio realizado foi o de análise visual, onde foram avaliadas seis peças de cada traço fabricado, totalizando 36 peças avaliadas. Visualmente, não apresentaram modificações na sua aparência para nenhum dos traços de estudo.

No quesito avaliação dimensional das peças de concreto para pavimento intertravado, cumpriram-se os requisitos em todas as 36 amostras submetidas à inspeção. Nessa avaliação também foi visto o índice de forma (IF), que é a relação entre o comprimento e a espessura da peça de concreto. As peças fabricadas nesta pesquisa apresentaram IF igual a 2, atendendo à ABNT NBR 9781:2013 que recomenda, para peças de concreto utilizadas em vias com tráfego de veículos (leves ou pesados) ou áreas de armazenamento, valor de IF menor ou igual a 4.

Para a avaliação da absorção de água das peças de concreto foram utilizadas três amostras para cada traço fabricado, totalizando dezoito amostras. A Tabela 4 apresenta os valores da massa seca (m1), massa saturada (m2) e absorção de água de cada amostra e também apresenta a absorção de água média das amostras. Os valores que destacados são os que não atenderam à norma ABNT NBR 9781(2013).

Traços	Itens avaliados	Amostras			Média da absorção de água (%)
		TR1	TR2	TR3	
TR	Massa seca (m_1) em kg	4,19	4,22	4,15	1,89
	Massa saturada (m_2) em kg	4,26	4,30	4,24	
	Absorção (A) %	1,49	1,98	2,20	
		T101	T102	T103	
T10	Massa seca (m_1) em kg	4,02	4,22	4,02	3,46
	Massa saturada (m_2) em kg	4,22	4,31	4,15	
	Absorção (A) %	5,06	2,10	3,23	
		T201	T202	T203	

T20	Massa seca (m_1) em kg	4,13	4,05	4,07	7,05
	Massa saturada (m_2) em kg	4,43	4,36	4,34	
	Absorção (A) %	7,08	7,47	6,59	
		T301	T302	T303	
T30	Massa seca (m_1) em kg	3,68	3,85	3,89	6,86
	Massa saturada (m_2) em kg	4,01	4,11	4,08	
	Absorção (A) %	8,89	6,76	4,92	
		T401	T402	T403	
T40	Massa seca (m_1) em kg	3,70	3,62	3,68	8,80
	Massa saturada (m_2) em kg	3,97	3,97	4,02	
	Absorção (A) %	7,37	9,64	9,39	
		T501	T502	T503	
T50	Massa seca (m_1) em kg	3,70	3,56	3,67	7,98
	Massa saturada (m_2) em kg	3,99	3,89	3,90	
	Absorção (A) %	7,86	9,35	6,75	

Tabela 4 – Resultados dos Ensaios de Absorção de Água.

Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

Os valores individuais da absorção de água das peças de concreto dos seis traços fabricados e o valor limite de absorção de água estabelecido na ABNT NBR 9781 (2013) que é de 7% para as amostras individuais. A maior absorção de água individual, desconsiderando da análise o traço de referência, foi obtida na peça do T40 que resultou em 9,64%, e a menor ocorreu na peça do T10 que resultou no valor de 2,10%. Essa avaliação foi feita apenas para as peças com substituição de cinzas. Os resultados mostraram que algumas amostras não apresentaram absorção de água (individual) de acordo com o exigido nas normas técnicas.

O valor limite de absorção de água média que é estabelecido na ABNT NBR 9781 (2013) é de 6%. No entanto, as peças de concreto que apresentaram maior absorção de água média foi T40 (8,80%) e a de menor absorção foi T10 de 3,46%.

Os resultados mostraram que de todas as amostras, apenas a amostra de T10 apresentou absorção de água média de acordo com o exigido nas normas técnicas. Segundo Cruz (2003), a absorção de água pode mensurar a durabilidade dos blocos, pois aponta o volume de vazios existentes e com isso sua permeabilidade, sendo assim, quanto maior a permeabilidade, menor a resistência ao processo de eflorescência. Por essa razão, é possível afirmar que é imprescindível o controle de absorção de água dos blocos intertravados de concreto quando sua aplicação ocorrer em áreas expostas a umidade.

Com relação a resistência à compressão que é uma propriedade importante do concreto, visto que as normas nacionais e internacionais a adotam como referência para estimar as demais resistências. As peças de pisos intertravados utilizadas para o ensaio de resistência à compressão simples tiveram as superfícies de carregamento retificadas por uma serra, e mantidas submersas em água por 24 horas antes do rompimento que ocorreu em idades de 7 e 28 dias, resultando em um total de 72 blocos rompidos, sendo seis blocos para cada traço e para cada idade. Após a cura, os blocos foram rompidos por uma prensa universal de ensaios de capacidade de 300 kN.

O principal objetivo do controle da resistência à compressão dos blocos é a obtenção de um valor potencial, único e característico da resistência à compressão de um determinado lote de fabricação de blocos, com o objetivo de comparar esse valor com o exigido na ABNT NBR 9781 (2013). As análises dos resultados da resistência característica estimada à compressão para os blocos intertravados dos traços TR, T10, T20, T30, T40 e T50 estão apresentadas, respectivamente, nas Tabelas de 21 a 22. Para isso, foram aplicadas as equações presentes no Anexo A da ABNT NBR 9781 (2013), onde determinaram-se as resistências individuais e a média, como também a área de carregamento, a força aplicada, fator p, o coeficiente de Student, etc., todos expostos de acordo com relatório exigido no referido Anexo.

Para avaliar os resultados obtidos nesse ensaio foi realizada uma análise estatística dos resultados individuais de resistência à compressão dos blocos intertravados. Para tanto, utilizou-se a Estatística Descritiva para a análise dos resultados de cada traço conforme apresentado nas Tabelas de 5 a 6, onde estão apresentados os valores das médias, desvio padrão, variância, coeficiente de variação e amplitude para cada traço aos 7 e 28 dias de idade.

	TR	**T10**	**T20**	**T30**	**T40**	**T50**
fp – resistência média (MPa)	28,19	19,09	12,25	14,11	8,28	10,24
Desvio Padrão (MPa)	5,37	2,25	2,52	4,50	1,28	2,09
Variância	28,84	5,08	6,34	20,23	1,64	4,38
Coeficiente de Variação (%)	19,05	11,81	20,55	31,89	15,46	20,45
Amplitude (MPa)	14,28	5,88	7,14	13,34	3,47	5,04

Tabela 5 – Dados Estatísticos da Resistência à Compressão dos BCPI aos 7 dias.

Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

	TR	T10	T20	T30	T40	T50
fp – resistência média (MPa)	30,03	21,65	14,53	17,13	9,26	9,35
Desvio Padrão (MPa)	6,68	2,11	4,46	3,15	1,72	1,59
Variância	44,59	4,47	19,94	9,94	2,96	2,54
Coeficiente de Variação (%)	22,24	9,77	30,74	18,40	18,59	17,05
Amplitude (MPa)	16,49	5,99	11,45	8,09	4,62	3,15

Tabela 6 – Dados Estatísticos da Resistência à Compressão dos BCPI aos 28 dias.

Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

Analisando os resultados das Tabelas supracitadas, observou-se que aos 7 dias de cura os traços TR e T30 apresentaram desvio padrão mais elevado e obtiveram as duas maiores variâncias se comparado ao demais traços. No entanto, o T10 apresentou baixa dispersão, se comparado aos traços TR, T20 T40 e T50 que apresentaram média dispersão e o T30 apresentou uma alta dispersão.

No entanto, aos 28 dias o traço TR permaneceu com elevado valor de desvio padrão e T20 também apresentou essa característica. Porém, o T10 apresentou baixa dispersão. Mas, os traços TR, T30, T40 e T50 apresentaram média dispersão e o T20 apresentou alta dispersão.

Diversos são os fatores que podem ter causado essas discrepâncias nos dados estatísticos desse ensaio. Porém, nesse estudo não houve tempo para uma análise mais profunda que comprovasse efetivamente qual ou quais as causas reais que resultou esses valores nos resultados apresentados.

Os valores de resistência média e resistência estimada aos 7 e 28 dias dos blocos fabricados nesta pesquisa foram encontrados por meios de relatórios de ensaio exigido no Anexo A da ABNT NBR 9781:2013 e descritos na Tabela 7.

Traço	Idade	Resistência Média a Compressão das peças (fp) (MPa)	Resistência Característica a Compressão Estimada (fpk) (MPa)
TR	7	28,19	23,25
	28	30,03	23,89
T10	7	19,09	17,02
	28	21,65	19,7
T20	7	12,25	9,93
	28	14,53	10,42
T30	7	14,11	9,97
	28	17,13	14,23

T40	7	8,28	7,10
	28	9,26	7,67
T50	7	10,24	8,31
	28	*9,35*	7,88

Tabela 7 – Resistencia Média e Resistência Característica.

Fonte: Elaborado pela Autora (2018).

De acordo com a Tabela 7 foi elaborado um gráfico ilustrado na Figura 2, onde pode-se perceber que houve uma diminuição das resistências a compressão (estimada e média) que pode ter ocorrido pelas características de que as cinzas tendem a absorver grande quantidade de água; isto pôde ser observado nos blocos com maior teor de substituição de cinza.
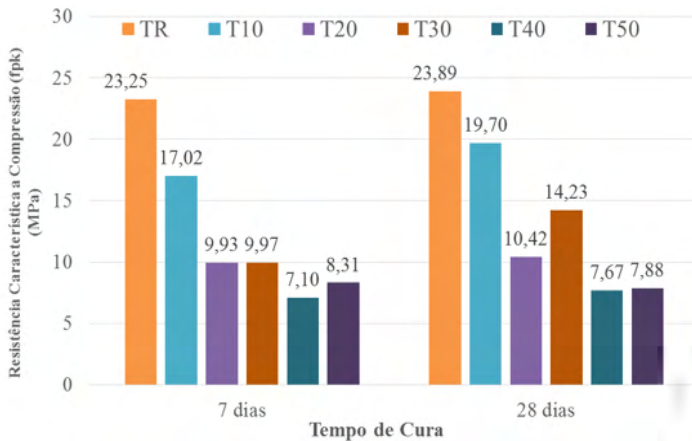
Figura 2 – Resultado do ensaio de resistência à compressão dos BCPI.

Fonte: Autora (2018).

Ainda, pode ser observado na Figura 2 uma redução na resistência à compressão com adição de cinza em todos os teores de substituição, em relação ao traço de referência e em todas as idades.

No entanto, aos 28 dias observa-se um maior incremento na resistência para os T10, T20, T30 e T40 e uma redução de T50 em comparação ao tempo de cura de 7 dias, esse fato pode ser atribuído ao indicativo potencial de pozolanicidade das cinzas pesadas, isto pode levar ao um ganho maior de resistência a idades superiores a 28 dias. Ainda que os resultados obtidos não atendem ao preconizado na norma que exige valores de resistência a compressão simples superiores a 35 MPa para tráfego de veículos. Entretanto, o uso dos blocos fabricados com cinza pesada pode ser recomendado para uso em calçadas,

passeios, públicos, praças, e urbanização em geral.

O resultado do ensaio de resistência à Abrasão é dado pela diferença entre as médias das leituras efetuadas em quatro pontos, antes e após o ensaio, quando percorridos 500 m e 1000 m.

Os procedimentos de avaliação para os resultados do ensaio de resistência a Abrasão alcançados na pesquisa foram analisados de acordo com recomendações da ABNT NBR 9781:2013. Os desgastes á abrasão aos 28 dias de idade dos traços produzidos (referência e com % de substituição de cinza), atenderam aos critérios para resistência à abrasão exigidos pela referida norma, tanto para o critério de solicitação de tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha, quanto para o tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados. Dos traços de substituição, o T50% foi o traço que obteve maior desgaste.

5 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a preocupação com a geração de resíduos, desenvolveu-se uma metodologia visando aplicar um maior percentual de cinza pesada em BCPI. Os resultados apresentados no presente trabalho indicaram possibilidade do uso das cinzas na composição dos pavimentos intertravados.

A utilização das cinzas pesadas em BCPI pode apresentar vantagens tanto em relação aos aspectos técnico-econômicos, quanto em relação às questões ambientais e estéticas. O aproveitamento desse resíduo contribui para o desenvolvimento sustentável do local onde esteja localizado, reduzindo a extração de matérias-primas não-renováveis, otimizando o uso dos aterros e contribuindo para o não crescimento desgovernado desses.

No entanto, ainda que os BCPI fabricados nesta pesquisa não atenderam 100% às exigências da ABNT NBR 9781:2013 (para tráfego de veículos leves e veículos comerciais de linha, de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados), ainda há a possibilidade de serem utilizados em calçadas, passeio público, urbanização, redutor de velocidade ou em locais que não demandem elevada solicitação do pavimento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. ABNT NBR 10004**: resíduos sólidos - classificação. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

______. **ABNT NBR 10.005**: procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004b.

______. **ABNT NBR 10.006**: procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

______. **ABNT NBR 10.007**: amostragem de resíduos sólidos. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004d.

______. **ABNT NBR 12042**: materiais inorgânicos – determinação do desgaste por abrasão. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

______. **ABNT NBR 248**: agregados - determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

______. **ABNT NBR 7211**: agregados para concreto – especificação. 3. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_______. **ABNT NBR 9781**: peças de concreto para pavimentação – especificação e métodos de ensaio. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

______. Resolução CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre o inventário nacional de resíduos sólidos industriais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF: Imprensa Oficial, 2002.

COSTA, C. E. Incorporação de rejeitos na indústria cerâmica. Qualidade na construção. **SindusCon**, São Paulo, n. 12, ano II, p. 44-46, 1998.

LEANDRO, R. P. **Estudo laboratorial acerca da possibilidade de aproveitamento da cinza pesada de termoelétrica em bases e sub-bases de pavimentos flexíveis**. 2005. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

RIBEIRO, A. G. **Variância e desvio padrão.** Disponível em: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/matematica/variancia-desvio-padrao.htm>. Acesso em: 03 set. 2018.

SANTOS, C. R. **Estudo da utilização de rejeitos de carvão na fabricação de blocos de concreto para pavimentação em substituição ao agregado miúdo natural**. 2012. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

CAPÍTULO 3

ENSAIO TEÓRICO SOBRE A COMPETITIVIDADE LOGÍSTICA DE DOIS MODELOS DE AGLOMERAÇÃO INDUSTRIAL: ZONA FRANCA DE MANAUS NO BRASIL E ZONA FRANCA DE CIUDAD DEL ESTE NO PARAGUAI

Data de aceite: 10/01/2022
Data de submissão: 13/10/2021

Richards Cristian Trindade Veras
Universidade do Estado do Amazonas, Faculdade de Economia
Manaus – Amazonas
http://lattes.cnpq.br/3869356160872510

Fabiana Lucena Oliveira
Universidade do Estado do Amazonas, Faculdade de Economia
Manaus – Amazonas
http://lattes.cnpq.br/5807021859719431

RESUMO: O presente artigo discute a capacidade de atração para novos investimentos, bem como a competitividade logística de dois modelos de aglomeração industrial: a Zona Franca de Manaus, no Brasil e, a Zona Franca de Ciudad del Este no Paraguai. A discussão presente na região norte do Brasil, reside na movimentação física de localização de algumas unidades fabris saindo do Brasil e instalando-se no Paraguai. Deste modo, pergunta-se: a Zona Franca de Ciudad Del Este é uma ameaça à continuidade da Modelo Zona Franca de Manaus? Os resultados obtidos foram: (a) A legislação pertinente a cada um, carrega uma diferença temporal de 27 anos; (b) a questão logística não foi considerada em ambos os modelos, e um deles apresenta clara vantagem; (c) a legislação trabalhista não está adequada às novas relações de trabalho, e (d) as vantagens comparativas de um dos modelos no quesito exportação, são bem superiores.

PALAVRAS-CHAVE: Modelos de aglomeração, zona franca, competitividade logística.

THEORETICAL ESSAY ON THE LOGISTICS COMPETITIVENESS OF TWO MODELS OF INDUSTRIAL AGLOMERATION: FREE TRADE ZONE OF MANAUS IN BRAZIL AND FREE TRADE ZONE OF CIUDAD DEL ESTE IN PARAGUAY

ABSTRACT: This article discusses the attractiveness of new investments, as well as the logistic competitiveness of two models of industrial agglomeration: the Manaus Free Trade Zone in Brazil and the Ciudad del Este Free Trade Zone in Paraguay. The present discussion in the northern region of Brazil resides in the physical movement of location of some manufacturing units leaving Brazil and installing in Paraguay. In this way, we ask: is the Free Trade Zone of Ciudad Del Este a threat to the continuity of Manaus Free Trade Zone? The results obtained were: the legislation pertinent to each one, carries a time difference of 27 years; (b) the logistics issue was not considered in both models, and one of them presents a clear advantage; (c) labor legislation is not adequate to the new labor relations; and (d) the comparative advantages of one of the export models are much higher.

KEYWORDS: Cluster models, free trade zone, logistics competitiveness.

1 I INTRODUÇÃO

Um aspecto essencial relacionado a

competitividade das economias emergentes refere-se a estratégias econômicas e logísticas com o propósito de atrair investimentos externos. Para contrapor os problemas sociais e econômicos típicos de países em desenvolvimento, como baixa mão de obra qualificada e ausência de infraestrutura de transportes adequada para o escoamento da produção industrial, alguns países adotaram como estratégia as Zonas Econômicas Especiais (ZEE), para aproveitar a tendência de segmentação da produção das grandes empresas na segunda metade do século XX.

Esta estratégia procura maximizar a utilidade das empresas no sentido de obter ganhos com a segmentação da produção, em contrapartida aumentar as exportações e gerar empregos. No longo prazo, conforme forem criadas ZEE's, estas acabam competindo entre si para conquistar a instalação da produção das empresas multinacionais e globais. A tomada de decisão das empresas é a preferência pelas regiões que oferecem o melhor custo-benefício, considerando os benefícios tributários, logísticos e baixo custo de mão de obra.

Este artigo procura entender a competitividade entre o Polo Industrial de Manaus (PIM) e a Zona Franca de Ciudad del Este e como a produção das respectivas ZEE's são escoadas considerando os modais de transporte disponíveis. Operando na capital amazonense desde 1967, o PIM é resultado de uma política pública voltada para desenvolver a economia da região amazônica, alojando cerca de seiscentas indústrias que fabricam bens duráveis, como motocicletas, eletroeletrônicos, relógios, hardware de tecnologia da informação, e bens intermediários. Quanto ao Paraguai, há duas zonas francas situadas em Ciudad del Este, operando desde 1995, sob o mesmo regime tributário.

2 | LOGÍSTICA EMPRESARIAL NO AMBIENTE CONTEMPORÂNEO

A Logística Empresarial, enquanto conjunto de técnicas e atividades-meio que dão suporte às operações produtivas das empresas, representa área de pesquisa e intervenção técnico-profissional de crescente relevância à competitividade sistêmica de países, regiões, aglomerações econômicas, setores ou companhias individuais. Esta crescente relevância de que a Logística Empresarial foi se revestindo, especialmente ao longo dos últimos trinta anos, justifica-se a partir de um contexto global marcado por pelo menos quatro grandes fenômenos:

a) a internacionalização comercial e produtiva das empresas (em particular as transnacionais), cujo espraiamento de suas filiais por diversos países têm modificado sobremaneira a composição do comércio internacional, o qual passa a ter como parcela significativa aquela oriunda do comércio intra-firma;

b) a formação de blocos regionais de comércio e a aceleração do processo de integração econômica, política e cultural intra e inter-blocos (NAFTA, MERCOSUL, União Europeia, ASEAN, etc.);

c) a radical e célere mudança tecnológica promovida pelo advento das novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC's), cujos produtos de fronteira são a Internet, a telefonia celular e a transição para a plataforma de convergência digital entre aparelhos e equipamentos de informática, telecomunicações e eletrônica de consumo, os quais, em conjunto, modificam a maneira pela qual pessoas e empresas vivem, trabalham e produzem; e

d) a nova geografia global dos fluxos de Investimentos Diretos Estrangeiros (IDE), na medida em que a decisão locacional das firmas transnacionais é condicionada pela busca por competitividade nas TIC's as empresas têm buscado as economias emergentes para basear suas fábricas, na tentativa de garantir mão-de-obra mais barata, menor carga tributária, e demais vantagens de atratividade oferecidas pelos governos de cada economia emergente.

Este cenário, caracterizado sob a definição geral de "globalização", gera impactos sobre a atividade empresarial, exigindo modos inovadores de gerenciamento de seus processos internos, de modo a otimizar ganhos e reduzir falhas e perdas, ao mesmo tempo em que impõe aos governos, nacionais e subnacionais, a concepção e implementação de políticas, programas e projetos públicos orientados ao suporte e à competitividade sistêmica de países e regiões, ações normalmente ligadas à constituição de infra-estrutura (transportes, comunicações, educação, etc.), linhas especiais de financiamento, incentivos fiscais, estruturação de sistemas locais de ciência, tecnologia e inovação, etc.

À medida que as empresas transitaram da condição de locais para transnacionais, o desafio da logística foi sendo incrementado. Se, no início do desenvolvimento das indústrias modernas, logística era uma atividade agregada a vendas e marketing, a partir da década de 60, ela passou a se configurar como atividade fundamental à sobrevivência das empresas através do controle de armazenagem, estoques e movimentação de material. (Ballou, 1993).

A indústria moderna, especialmente as de elevado coeficiente de agregação tecnológica, é cada vez mais rápida em seus processos de movimentação de materiais, a fim de atender um mercado consumidor ansioso por novidades. A existência de muitas marcas de um mesmo produto, por exemplo, deixou o consumidor mais livre em suas escolhas, e forçou as indústrias a buscar seus próprios diferenciais competitivos.

Neste ambiente, as empresas desenvolvem suas estratégias logísticas, planejando e implementando as melhores práticas disponíveis de gerenciamento de suas respectivas cadeias de suprimento.

Em aglomerações econômicas regionais, as estratégias e modelos logísticos podem ser analisadas e confrontadas entre si, visando a sua customização às particularidades de cada produto/empresa individualmente. A literatura especializada em Economia Regional e Urbana e Organização Industrial pontua diferentes taxonomias para as aglomerações econômicas – Clusters, Arranjos Produtivos Locais - APL's, Complexos Industriais, Polos Industriais, Tecnópolis, etc. – e estuda suas características distintivas (Lastres et al, 2003).

Nestes modelos, que almejam representar, de modo abstrato, diferentes configurações organizacionais, técnico-produtivas e geográficas para conjuntos de atores econômicos (empresas, cooperativas, empreendedores) de um mesmo setor, de setores complementares ou até mesmo com nenhuma relação de troca direta entre si, mas com impactos mútuos indiretos), observados empiricamente em diversas regiões do mundo, as estratégias logísticas (abrangendo compras, transportes, despacho aduaneiro, armazenagem, movimentação de materiais, serviços de apoio, etc.) parecem desempenhar papel muito variável, tanto do ponto de vista explicativo, como do ponto de vista de sua importância para a própria configuração de cada um desses modelos (Oliveira, 2003).

Estudos recentes que envolvem comparação internacional de aglomerações econômicas espaciais induzidas pelo Estado (Rivas e Freitas, 2006; Sá 2004) sugerem fortemente a universalização de mecanismos de atração e fixação de empreendimentos industriais homogêneos (ex: concessão de incentivos fiscais e creditícios, vendas de lotes industriais a preços subsidiados, instrumentos de proteção cambial etc.), especialmente os de natureza tributária. Sendo concreta essa presença cada vez mais universalizada do Estado como indutor do desenvolvimento das aglomerações econômicas, outras variáveis terminam por desempenhar papel diferencial e decisivo na competição por aqueles empreendimentos, especialmente aqueles pertencentes a segmentos high-tech (petroquímica e química fina, eletrônica de consumo e entretenimento, tecnologias de informação e comunicação etc.).

O destaque, aqui, se direciona à infraestrutura e ao formato do sistema logístico de apoio a essas aglomerações econômicas induzidas pelo Estado, particularmente aquelas orientadas para a exportação. Vejam-se os casos exemplares das Zonas Econômicas Especiais (ZEE's) da China, Cingapura, Taiwan e Coréia do Sul, dos Distritos Industriais no entorno do Porto de Antuérpia (Bélgica), ou mesmo das Free Trade Zones (FTZ's) norte- americanas, sediadas em clusters petroquímicos; todas essas aglomerações são dotadas de infraestrutura portuária, aeroportuária, integração multi ou intermodal, regime de despacho aduaneiro expresso e simplificado, áreas de armazenagem completas (refrigeração, dispositivos de movimentação de cargas, etc.), além dos incentivos tributários e financeiros disponíveis. (Fishman, 2005).

A tarefa de modelagem da logística geral a ser utilizada em uma cadeia de valor ou em uma aglomeração econômica (*cluster*, polo industrial, etc.) envolve o uso de modelos analíticos, ferramentas de planejamento e gestão de transportes, estoques, produção, além da interlocução com agentes governamentais para a implantação de uma infraestrutura pública de suporte logístico adequada, auxiliando sobremaneira os *decision-makers* governamentais ou empresariais neste processo de customização.

3 I O PAPEL DOS MODELOS LOGÍSTICOS NA COMPETITIVIDADE SISTÊMICA DAS AGLOMERAÇÕES ECONÔMICAS

A revisão das temáticas constantes neste tópico constitui-se em etapa necessária para a *posteriori*, buscar uma caracterização do Polo Industrial de Manaus (PIM), objeto da presente investigação, enquanto modelo aglomerativo e que implica em decisões de localização empresariais, com desdobramentos específicos na confecção das estratégias logísticas (de compras, transportes, armazenagem e distribuição física) que lhe dão suporte. (Oliveira, 2003).

Existem, segundo a literatura especializada em Economia Regional e Urbana e Organização Industrial (Lastres et al, 2003), diferentes taxonomias das aglomerações econômicas: *Clusters*, APL's, Complexos Industriais, Polos etc. Nestes modelos, os quais procuram representar diferentes configurações organizacionais e geográficas para conjuntos de empresas de mesmo setor, de setores complementares ou com nenhuma relação de troca entre si, observados empiricamente em diversas regiões do mundo, as estratégias logísticas parecem desempenhar papel muito variável, tanto do ponto de vista explicativo, como do ponto de vista de sua importância para a própria configuração de cada um desses modelos.

3.1 Teorias da Localização Industrial

Segundo Vasconcellos et al (2003), a concentração da atividade industrial, pelos encadeamentos estabelecidos dentro do próprio setor secundário e com outras atividades econômicas e consequentes efeitos multiplicadores, se transformou, desde há muito, em objeto particular de atenção de diversos pesquisadores. Os trabalhos considerados integrantes da denominada Teoria Clássica da Localização Industrial, têm por autores Johann Heinrich Von Thünen (1780-1850), Alfred Weber (1868-1958), August Losch (1906-1945) e Walter Isard (1906-1945). Nas quatro teorias Clássicas de Localização Industrial vamos encontrar variáveis logísticas e operacionais comuns, identificadas na Tabela 01:

Autores	Custos de Transporte	Custos de Movimentação e mão-de-obra/insumos	Custos de Produção
Von Thunen	X	X	X
Alfred Weber	X	X	
Losch		X	X
Walter Isard	X		X
Masterli	X	X	X

Tabela 1: Variáveis logísticas identificadas nas Teorias Clássicas da Localização Industrial.

Fonte: Oliveira, 2005.

Há ainda as contribuições mais modernas, onde destacamos os Modelos Empíricos

de Localização de Projetos Industriais, como o modelo Masterli, que data de 1971, quando uma equipe de pesquisadores franceses e italianos foi contratada para o desenvolvimento do Masterli – Modelo de assetto territoriale e di localizzazione industriale. O Masterli definiu e classificou os fatores estratégicos para cada indústria como cruciais (A), condicionantes (B), pouco condicionantes (C) e irrelevantes (D), e a partir daí criou uma matriz de demanda (tipo de indústria versus fatores estratégicos) em que a classificação é substituída por critérios de pesos e observando algumas premissas.

Este modelo deu origem a outros modelos centrados no confronto entre demanda de fatores pelas atividades econômicas e oferta dos mesmos fatores pelas unidades territoriais de certa região. O desenvolvimento e a aplicação de modelos empíricos de localização das atividades econômicas no Brasil tiveram início na COPPE/UFRJ em 1975, juntamente com a *Societá per la Matemática e l'Economia Applicate* (Itália) – Somea e Consultoria de Ciência Social Aplicada – Concisa. (Clemente e Cosenza, 1998).

Segundo Clemente e Cosenza (1998) o Modelo de Potencial baseia-se numa analogia com a Física, em que o potencial de um ponto no espaço depende das cargas elétricas dispostas no seu entorno, com a contribuição de cada carga elétrica sendo diretamente proporcional a sua grandeza e inversamente proporcional à distância. Essa ideia foi levada diretamente a estudos de localização fazendo-se as cargas elétricas corresponderem a lugares de demanda ou de oferta de bens e serviços. A Teoria da Localização Discreta leva em consideração o conjunto de possíveis localizações antecipadamente, sendo necessário, portanto, a identificação de subconjuntos para estas localizações. Entre as variáveis mais importantes deste modelo, estão o custo de transporte, tempo de viagem e acessibilidade. A Localização de Unidades de Capacidade Ilimitada supõe que a capacidade de uma locação escolhida é ilimitada, podendo atender qualquer número de clientes. Para isso duas características são apontadas: (a) custo-fixo não negativo a cada localização potencial, e (b) o número de localizações a serem escolhidas não é predefinido. Já os Problemas de Designação Quadrática destinam-se a descobrir o arranjo ótimo em um espaço predeterminado onde as alternativas de localização podem receber qualquer das unidades e serem localizadas (mas apenas uma delas). Esses problemas baseiam-se no conceito de matriz de conexão, cujos elementos representam a importância da proximidade entre duas unidades quaisquer.

São também importantes contribuições modernas o Modelo de Potencial (1), a Teoria da Localização Discreta (2), a Localização de Unidades de Capacidade Ilimitada (3) e os Problemas de Designação Quadrática (4).

3.2 Taxonomia das aglomerações econômicas

No caso de aglomerações econômicas, espaços onde operam diversos produtores com vínculos diferenciados de fornecimento, é preciso analisar se a decisão de localização da unidade produtiva e, portanto, a montagem de estratégias logísticas (de compras,

transportes, armazenagem e distribuição física) apropriadas, serão condicionadas por um conjunto maior ou similar de variáveis. Mais especificamente, tentar-se-á identificar neste tópico o *locus* da logística de transportes nas teorias sobre as aglomerações.

Lastres *et al.* (2003) apresentam as definições sobre os tipos de aglomerações mais comuns:

- Aglomeração: produtiva, científica, tecnológica e/ou inovativa – tem como aspecto central a proximidade territorial de agentes econômicos, políticos e sociais (empresas e outras instituições e organizações públicas e privadas).
- Cluster: o termo associa-se à tradição anglo-americana e, genericamente, refere-se a aglomerados territoriais de agentes econômicos, desenvolvendo atividades similares. Ao longo do desenvolvimento do conceito, ganhou nuances de interpretação sobre o que melhor caracteriza essa forma de aglomeração produtiva.
- Distrito Industrial: conceito introduzido pelo economista inglês Alfred Marshall, em fins do século XIX. Deriva de um padrão de organização comum à Inglaterra do período, onde pequenas firmas concentradas na manufatura de produtos específicos, em atividades econômicas como têxtil, gráfica e cutelaria, aglomeravam-se em geral na periferia dos outros produtores. As características básicas dos modelos clássicos de distritos industriais indicam, em vários casos: alto grau de especialização e forte divisão de trabalho; acesso à mão-de-obra qualificada; existência de fornecedores locais de insumos e bens intermediários; sistemas de comercialização e de troca de informações técnicas e comerciais entre os agentes. A organização do distrito industrial permite às empresas obter ganhos de escala, reduzindo custos, bem como gerando economias externas particularmente significativas (como por exemplo, acesso à mão de obra qualificada), ressaltando a eficiência e competitividade das pequenas firmas de uma mesma atividade localizadas em um mesmo espaço geográfico.
- Polos Regionais: são entendidos como núcleos proeminentes dos processos de aglomeração que caracterizam o desenvolvimento regional.3 Segundo a literatura, existem duas classificações de polos:

  a) Polo e Parque Científico e Tecnológico: Também chamados de tecnópolis, são grandes áreas com infraestrutura necessária para unidades produtivas que realizam atividades de baixa ou grande escala, baseadas em pesquisa e desenvolvimento tecnológico. As tecnópolis combinam, em uma área pré-estabelecida, os seguintes grupos de elementos: 1- instituições de pesquisa e ensino; 2- empresas avançadas tecnologicamente e inovativas, a maioria de porte pequeno e médio; 3- instituições e agências, públicas e privadas, com missão de garantir e fomentar o estabelecimento de acordos colaborativos entre os agentes mencionados acima, de forma a maximizar criatividade e atividades inovativas, assim como elevar a competitividade da região. Os mesmos autores usam o termo "polo tecnológico" como sinônimo de "parques tecnológicos".

b) Polo de Crescimento e de Desenvolvimento: Noções difundidas, nas décadas de 1960 e 1970, com os trabalhos do economista francês François Perroux, tendo sido largamente adotadas nas práticas de planejamento regional em várias partes do mundoegundo Perroux (apud Lastres et al, 2003), o crescimento não surge em toda a parte ao mesmo tempo; manifesta-se com intensidades variáveis em pontos ou polos de crescimento; propaga-se segundo vias diferentes e com efeitos finais variáveis no conjunto da economia. Perroux trabalhou com a ideia de que as economias nacionais se compõem de "zonas ativas", ou seja, polos capazes de dinamizar setores relacionados; e de "zonas passivas", cujo dinamismo decorre de condições externas. Nos polos de crescimento (englobando um conjunto de agentes, empresas ou segmentos), determinadas atividades econômicas dominantes geralmente associadas à noção de indústria motriz – exibem a capacidade de alavancar quantitativamente a expansão de outros conjuntos de atividades em determinadas regiões. Já os polos de desenvolvimento, segundo Perroux, apresentam a capacidade de engendrar uma mudança qualitativa nas estruturas econômicas e sociais. Perroux já reconhecia que o comportamento econômico está incrustado em instituições, normas e valores, territorialmente moldados, e que uma das características mais importantes das interações mercado é a assimetria das relações de poder entre atores.

Há que observar, portanto, que não foram identificadas na literatura pesquisada referências diretas ao fluxo de pessoas e/ou materiais (cadeia de suprimentos) no contexto das aglomerações, em especial nos "Polos Industriais", modelo precípuo do objeto deste trabalho. Isto se configura como um vácuo teórico entre o material disponível sobre a cadeia de suprimentos, estratégias logísticas e aglomerações industriais, em especial Polos Industriais (Oliveira, 2003).

Neste sentido, as cadeias de suprimento precisam ser analisadas a partir dos produtos por elas representados, respeitando assim suas características intrínsecas, e ajustando as variáveis externas às necessidades de cada produto, de modo a respeitar que as cadeias de suprimento são diferentes entre si, e sofrem motivações diferentes, ainda que detenham a mesma definição conceitual de movimentação de materiais e/ou pessoas.

4 I ZONAS FRANCAS COMO MECANISMOS DE ATRAÇÃO DE INVESTIMENTOS

Isenções fiscais e regimes especiais de comércio são tipicamente instrumentos usados por muitas economias em desenvolvimento, a fim de atrair a instalação de novas fábricas. As empresas preferem instalar fábricas onde há baixos custos com produção e tributação, infraestrutura adequada para o escoamento da produção e localização estratégica considerando o leadtime para inbound e para o consumidor final. Neste sentido, as Zonas Econômicas Especiais se tornam competidoras de um mercado no qual as empresas multinacionais são os agentes demandantes. Existem diversos tipos de ZEE's,

conforme a Tabela 2:

Tipo de ZEE	Características	Exemplos selecionados
Armazéns alfandegados ou Zonas Francas	Atividade comercial: transferência, armazenagem, logística, operações de reexportação e comércio de mercadorias. Nenhuma transformação produtiva de mercadorias.	Estados Unidos, Peru, Brasil
Fábricas alfandegadas	Empresas industriais produtoras de bens voltados ao mercado externo. Podem ser situados em qualquer parte do país e gozam de incentivos fiscais como a facilitação de trâmites aduaneiros	Nigéria
Zonas de processamento de exportações	Aglomerações industriais situadas fora das barreiras alfandegárias do país doméstico, que procuram atrair indústrias voltadas à exportação. Empresas isentas do pagamento de tarifas sobre bens de capital importado e insumos intermediários estrangeiros. Próximas a um porto ou aeroporto de modo a fornecer as empresas localizadas rápido acesso aos mercados externos.	Brasil
Porto livre	Toma a dimensão de uma cidade ou um porto. Desenvolve-se todo tipo de atividade legal, incluindo varejo e turismo.	Brasil
Zonas Econômicas Especiais	Aplicam-se controles aduaneiros do país doméstico onde há um quadro legal e próprio diferente do estabelecido no país. Estabelece um conselho de delegados do governo central, com a incumbência de aprovar as regras que serão aplicadas aos investidores dentro da zona.	China
Zonas Industriais	Área focada em certas atividades do setor industrial, fornecendo uma infraestrutura especial de acordo com os objetivos definidos da zona.	México

Tabela 2: Zonas Econômicas Especiais: uma tipologia.

Fonte: Adaptado de Lalanne e Vaillant (2014), e Banco Mundial (2008).

As principais ZEE's que existem na América Latina são Zonas Francas, caracterizadas por fomentar as exportações e promover o desenvolvimento econômico, como é o caso do Polo Industrial de Manaus (PIM), derivado da Zona Franca de Manaus (ZFM). No Paraguai, tanto a Zona Franca Internacional quanto a Zona Franca Global, são regiões aduaneiras distintas situadas em Ciudad del Este regidas sob legislação tributária semelhantes. É importante salientar que a legislação da Zona Franca de Manaus é atípica, cuja legislação foi criada especificamente para atender as demandas da região. Para fins didáticos, chamaremos estas de ZFG.

A ZFG é um conglomerado de indústrias de aproximadamente noventa empresas, majoritariamente paraguaias e brasileiras, instaladas em busca de se internacionalizar

ou de diminuir custos de produção. As empresas da ZFG são exportadoras, a legislação vigente determina que somente 10% seja destinado ao consumo interno. O principal polo consumidor dessas indústrias, em especial as brasileiras, é o mercado brasileiro, principalmente a região Sul e Sudeste. Este também é o polo consumidor do PIM, tornando ambas competidoras diretas.

5 | DINÂMICA DO COMÉRCIO INTERNACIONAL

Diversas transformações na dinâmica de troca de bens e serviços entre os países modificaram a composição do comércio internacional. As grandes empresas multinacionais sofreram um fenômeno de segmentação da produção a partir da década de oitenta e noventa, quando as inovações tecnológicas em computação e telecomunicações possibilitaram as empresas adotar novos métodos gerenciais no interior do circuito matriz–filial, visando explorar com maior rapidez as novas oportunidades que estavam surgindo em diferentes países.

O comércio de bens intermediários aumentou na medida em que crescia o comércio entre matriz e filial. Este fenômeno ficou conhecido como importação para exportação (Baldwin, 2013). Neste sentido, não faria mais sentido calcular o volume do comércio internacional através do valor final do produto. Uma análise mais eficiente seria através do valor agregado.

A indústria foi a principal responsável pelo crescimento do comércio internacional. Aproveitando-se do advento do comércio de bens intermediários, os serviços prestados as empresas, descritos na Figura 1, como outros serviços comerciais aumentaram no mesmo patamar do setor manufatureiro, na figura 2. Tais serviços referem-se ao transporte de cargas, operações de serviços portuários e aeroportuários, entre outros.
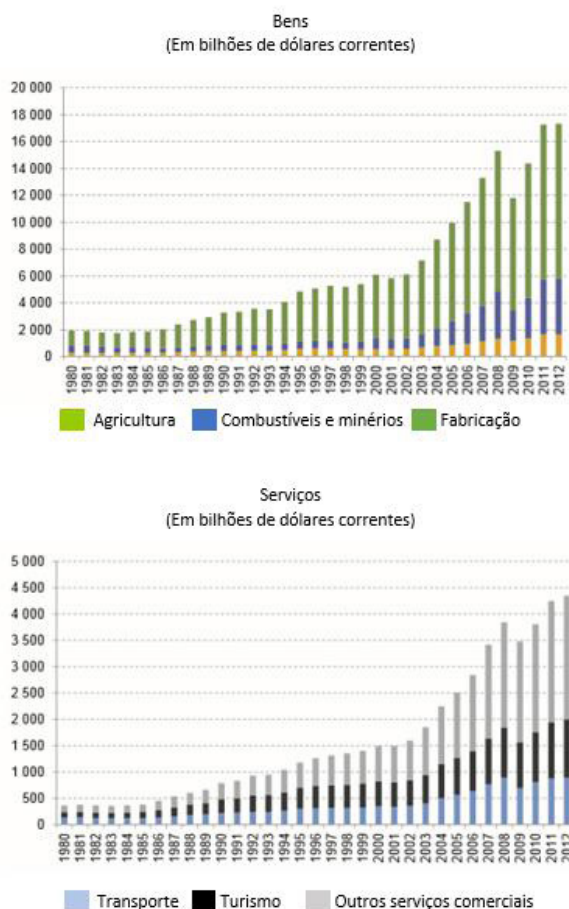
Figura 1: Exportações mundiais por grandes setores no período 1980 – 2012.

Fonte: Lalanne e Vaillant (2014).

A dinâmica matriz-filial mais intensa no comércio internacional, evidenciada pelos bens e serviços finais serem produzidos em mais países que no passado (Lalanne e Vaillant, 2014) e o crescimento do comércio intermediário. Este fenômeno concentra-se basicamente nos países desenvolvidos e nos países em desenvolvimento, conforme visto na Tabela 1. No primeiro grupo (matriz), as atividades do processo produtivo estão a nível estratégico e tático, como criação, *know-how*, design e produção de insumos estratégicos, enquanto no segundo grupo concentram-se as atividades de fabricação (filial).

Boneca Barbie			Chips de telecomunicação	
Etapa	Tarefa	País	Tarefa	País
Primeira	Desenho	Sem dados	Criação	Suécia
Segunda	Palete de plástico	EUA – Taiwan	Desenho com software especial	França – EUA
Terceira	Cabelo de nylon	Japão	Produção	Japão – Dallas
Quarta	Telas de algodão	China	Teste de Qualidade	Taiwan
Quinta	Moldes e pigmento	EUA		
Sexta	Montagem	Índia – Malásia		
Sétima	Teste de qualidade e comercialização	EUA		

Tabela 3: Fragmentação de etapas e tarefas nos processos produtivos.

Fonte: Grossman e Rossi-Hansberg (2008).

Esta fragmentação do processo produtivo, visto na Tabela 3, ocorre em função das empresas buscarem menores custos, como (1) salários mais baixos, (2) baixo custo de insumos de produção, como energia elétrica e (3) incentivos à produção, oferecidos por países em desenvolvimento com a finalidade de gerar empregos e desenvolvimento econômico. Esta última tem sido recorrente em países da América Latina, como o Panamá, República Dominicana, Paraguai e Brasil. São conhecidas como Zonas Econômicas Especiais (ZEE).

6 | METODOLOGIA

A metodologia utilizada na investigação empírica realizada no caso da Zona Franca de Manaus e da Zona Franca de Ciudad Del Este cobriu duas estratégias principais: o uso de banco de dados estatísticos oficiais através do site da Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA), a atual legislação aduaneira do Brasil e do Paraguai, bem como dados secundários de relatórios voltados para investidores. Embora os dados da pesquisa sejam secundários, a análise comparativa destes dados é inédita, o que garante a originalidade deste trabalho.

O primeiro esforço foi determinar os custos de mão de obra, benefícios tributários, logísticos e industriais das duas zonas francas, bem como identificar as principais características das legislações aduaneiras vigentes no Polo Industrial de Manaus (PIM) e Zona Franca de Ciudad Del Este (ZFG).

Em seguida, foram determinadas as principais vantagens em cada zona franca para as empresas instaladas. A finalidade da pesquisa é explicativa e aplicada, pois pretende não apenas indicar o nível de competitividade de ambas as zonas francas, mas também contribuir e propor de forma concreta soluções para os *decision makers* tomem as medidas necessárias para garantir a permanência das empresas no PIM e manter a atratividade do

país para os investimentos externos.

O universo de estudo refere-se aos grupos envolvidos diretamente na formulação do problema, os dois conglomerados industriais com estratégias diferenciadas: a Zona Franca de Manaus e a Zona Franca de Ciudad Del Este.

7 I RESULTADOS E CONCLUSÕES

Ambas as zonas francas possuem incentivos fiscais à produção, custos de oportunidades e peculiaridades logísticas que devem ser levadas em consideração pelas empresas para a tomada de decisão quanto a localização de suas filiais. Os principais benefícios do PIM e da ZFG apresentados na Tabela 4 mostram vantagem comparativa das zonas francas paraguaias, tanto em minimização de custos, quanto aos fatores locacionais, considerando a proximidade de sua localização com os principais polos consumidores da América do Sul, inclusive o Brasil, além de diversas conexões aquaviárias com o Oceano Atlântico, através do Rio Paraná, Paraguai, além do Porto de Santos e Paranaguá, onde há zonas francas paraguaias em suas instalações.

País Cidade Legislação / ano	Brasil Manaus 1968	Paraguai Ciudad Del Este 1995
Benefício Tributário	IRPJ - 3,75% sobre o Lucro anual	Imposto de Exportação - 0,5% (Impuesto de Zona Franca)
	PIS / COFINS - 3,65%	Imposto de Valor Agregado - Insento
	Imposto de Importação - Redução de até 88%	Imposto de Importação - Insento
	ICMS - Crédito estímulo de 60%	Imposto sobre serviço - Insento
	Imposto de Produtos Industrializados - Insento	
Benefício Logístico	Modal aéreo - Aeroporto Internacional de Manaus	Modal aéreo - Aeroporto Internacional de Ciudad del Este, Assunção, Ayolas, Puerto Iguazú e Foz do Iguaçu
	Modal rodoviário - Não existe	Modal rodoviário - Estradas para grandes centros urbanos: Assunção, Buenos Aires e São Paulo
	Modal aquaviário - Portos de Manaus	Modal Aquaviário - Porto de Assunção, Villeta, Encarnacion, Santos e Paranaguá
Mão - de - obra	13º - Paga	13º - paga
	Salário Mínimo - R$937,00	Salário Mínimo - R$1009,61 (Câmbio 17/05/2017)
	FGTS - 8% sobre as remunerações	FGTS - Não há
	Contribuição sindical - 0,02% a 0,8% sobre o capital social da empresa	Contribuição Sindical - Não há
	Contribuição previdenciária - 20 a 23% sobre as remunerações pagas	Contribuição previdenciária - 25,5% sobre as remunerações pagas
	Sistema S - 5,8% sobre todas as remunerações pagas	Sistema S - Não há
	Férias - 30 dias/ano	Férias - 14 dias/5 anos
	Provisão Social - 33,77%	Provisão Social - 16,5%
Benefícios Industriais	Custo de energia (MWH) - R$331,39 (2015)	Custo de energia - (MHW) - R$139,54 (2015)

Tabela 4: Benefícios da Zona Franca de Manaus e Zona Franca de Ciudad del Este.

Fonte: SUFRAMA (2016); FIRJAN (2016) e FIEMS (2016).

A partir do Tabela 4, é possível apresentar os resultados obtidos na presente pesquisa: (a) a legislação pertinente a cada um, carrega uma diferença temporal de 27 anos; nas três décadas que separam as legislações pertinentes a cada um dos modelos

aqui representados, várias mudanças aconteceram no cenário internacional, através da informatização dos processos, utilização de diferentes estratégias e formatação de variáveis antes não consideradas, uma delas em particular, a questão logística. Neste quesito, a localização do Modelo ZFM na cidade de Manaus, é alvo constante de questionamento pela sociedade brasileira; (b) a questão logística não foi considerada em ambos os modelos, e um deles apresenta clara vantagem; infelizmente, mesmo após 49 anos de exploração do modelo Zona Franca de Manaus, este não conta com a infraestrutura mais adequada e moderna à utilização das empresas instaladas nesta aglomeração industrial. O modelo brasileiro foi baseado quase que exclusivamente em benefícios tributários, ignorando a importância do cenário logístico, e de seus respectivos custos na atividade industrial. Sabe-se por revisão bibliográfica, e também por análise empírica de vários modelos ao redor do mundo que os custos logísticos são decisivos para a decisão de localização de determinada empresa.

> (c) a legislação trabalhista não está adequada às novas relações de trabalho, e verifica-se que muitas mudanças aconteceram nos contratos de trabalho, bem como nas rotinas trabalhistas nas últimas décadas. O modelo paraguaio já absorve no seu nascimento estas alterações, enquanto a legislação brasileira traz em sua formatação benefícios sociais em desuso desde os anos setenta, quando comparamos com o cenário internacional. Estes benefícios sociais, em que pese seu benefício ao trabalhador brasileiro, representa custo adicional na mão de obra brasileira.
>
> (d) as vantagens comparativas de um dos modelos no quesito exportação, são bem superiores. As políticas de comércio exterior dos diferentes países nas últimas duas décadas, vêm privilegiando as exportações através da renúncia tributária, e em muitos casos pelo subsídio direto, quando o produto é estratégico para o desenvolvimento da economia do país. Neste sentido, manter as estratégias e legislações do país adequadas às políticas e práticas internacionais, é essencial para o desenvolvimento e sustentação de determinado modelo de aglomeração industrial.

REFERÊNCIAS

Baldwin R. e Lopez G. J. (2013) **Supply chain trade a portrait og global patterns and several testable hypothesis**. NBER, WP 18957.

Ballou, R. H. (1993) **Logística Empresarial**. Atlas, São Paulo.

Banco Mundial (2008) **Special Economic Zones: Performance, lessons learned, and implications for zone Development**. The World Bank Group, Washington DC.

Clemente A. e Cosenza C. (1998) **Projetos empresariais e públicos**. Atlas, São Paulo.

Dornier, P. P. et al (2000) **Logística e Operações Globais**. Atlas, São Paulo.

FIEMS (2016) **Guia de investimento Paraguai**. Federação das indústrias do Mato Grosso do Sul. Campo Grande – MS. Disponível em: <http://www.fiems.com.br/public/confederacoes/guia_de_investimento_paraguai. .pdf> Acesso em: 10 junho 2017.

FIRJAN (2016) **Quanto custa a energia elétrica no Brasil**. Federação das Indústrias do Rio de Janeiro. Disponível em: <http:// http://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/quanto-custa-a-energia-eletrica.htm> Acesso em: 08 junho 2017.

Fishman T. (2005) **Como o crescimento da próxima superpotência desafia os Estados Unidos e o mundo.** Ediouro, Rio de Janeiro.

Grossman, G. e Rossi-Hansberg, E. (2008) **Trading Tasks: A Simple Theory of Offshoring**. American Economic Review, vol. 98, n. 5, p. 1978–97.

Lalanne A. e Vaillant M. (2014) **Un caso de transformación productiva y comercial: Zonas Francas en el Uruguai**. CEPAL – Serie Estudios y Perspectivas, Montevideo.

Lastres, M. M. et al (2003) **Estratégias para o desenvolvimento: um enfoque sobre arranjos produtivos locais do Norte, Nordeste e Centro-Oeste brasileiros**. E-papers, Rio de Janeiro

Oliveira, F. L. (2003) **O modelo Unidades Estratégicas de Negócio desdobrando a atividade de compras em uma indústria eletroeletrônica: um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas.

PARAGUAI. **Decreto nº 523** (1995). Regime das Zonas Francas. Assunção. Disponível em: <http://www.zonafranca.com.py/leyes/PT-DECRETO-N-523.pdf> Acesso em 12 junho 2017.

Rivas, A. F. e Freitas C. E. (2006) **Estudo de viabilidade para implantação de empreendimentos petroquímicos no Polo Industrial de Manaus**. Universidade Federal do Amazonas. Manaus

Sá, M. T. (2004) **A indústria de bens eletroeletrônicos de consumo frente a uma nova rodada de abertura**. Tese (Doutorado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade de Campinas.

SUFRAMA (2016) **Incentivos fiscais da Zona Franca de Manaus**. Superintendência da Zona Franca de Manaus. Disponível em: <http://www.suframa.gov.br/invest/porque-investir-incentivos-fiscais.cfm> Acesso em: 13 junho 2017.

CAPÍTULO 4

ANÁLISE DAS PUBLICAÇÕES À LUZ DA BIBLIOMETRIA SOBRE TRANSPORTE PÚBLICO E SUSTENTABILIDADE

Data de aceite: 10/01/2022

Tálita Floriano dos Santos
Universidade Federal do Piauí
Teresina – PI
https://orcid.org/0000-0003-2337-194X

Marcelino Aurélio Vieira da Silva
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro-RJ
https://orcid.org/0000-0003-0985-7070

RESUMO: A relação entre o transporte público e a sustentabilidade tem se destacado nas pesquisas científicas. Assim, o objetivo desse artigo é utilizar as abordagens da bibliometria e redes sociais para analisar as publicações relacionadas a esses temas. Para bibliometria foram utilizados critérios de produtividade dos periódicos, autores e citações de publicações oriundas das bases *Science Direct*, *Scopus* e *Web of Science*. Foram selecionados 48 artigos se destacando os que tratavam da caracterização do padrão de viagens e escolha modal, técnicas para melhorias do transporte público, sustentabilidade ambiental e social, sendo a maioria (81%) de aplicação prática. A análise de rede social, feita pelo CiteSpace, abordou 245 referências, utilizando as métricas de modularidade, silhueta e centralidade, para autores citados, países e palavras chave. Os países com maiores centralidades são: Estados Unidos, China e Austrália, mas a Inglaterra e Estados Unidos contêm as áreas de pesquisa mais ativas. Para as palavras chave, as maiores centralidades foram "*sustainable development*", "built environment" e "travel behavior". Os autores com maiores centralidades foram o Cervero R. e Banister D., apresentando convergência com o que foi encontrado na bibliometria. Por fim, o estudo mostrou que a análise bibliométrica e de rede social, são complementares e convergentes, ambas indicando tendências de literatura a sustentabilidade ambiental e social.

PALAVRAS-CHAVE: Transporte Público, Sustentabilidade, Bibliometria, Indicadores Espaciais, Transporte Sustentável.

ANALYSIS OF PUBLICATIONS IN THE LIGHT OF BIBLIOMETRY ABOUT PUBLIC TRANSPORT AND SUSTAINABILITY

ABSTRACT: The relationship between public transport and sustainability has been highlighted in scientific research. Thus, the purpose of this article is to use the approaches of bibliometrics and social networks to analyze the publications related to these subjects. For bibliometrics, we used productivity criteria of journals, authors and citations of publications from the bases Science Direct, Scopus and Web of Science. A total of 48 articles were selected, highlighting those that dealt with the characterization of travel patterns and modal choice, techniques for public transport improvements, environmental and social sustainability, with the majority (81%) being of practical application. The analysis of social network, made by CiteSpace, approached 245 references, using the metrics of modularity, silhouette and centrality, for cited authors, countries and keywords. The countries with the largest centralities are the United States, China

and Australia, but England and the United States contain the most active research areas. For key words, the major centralities were “sustainable development”, “built environment” and “travel behavior”. The authors with the greatest centralities were Cervero R. and Banister D., showing convergence with what was found in bibliometrics. Finally, the study showed that bibliometric and social network analysis are complementary and convergent, both indicating trends in the literature on environmental and social sustainability.
KEYWORDS: Public Transport, Sustainability, Bibliometrics, Space Indicators, Sustainable Transport.

1 | INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável e transporte estão conectados: cidades em torno do mundo vivenciam congestionamentos dado o aumento do número de automóveis, que lideram as emissões de gases prejudiciais ao meio ambiente, além dos custos sociais relacionados (Miller *et al.*, 2016).

Diante dessa complexidade, as redes de transporte representam um paradoxo: elas promovem o desenvolvimento urbano, mas por outro lado apresentam uma série de desafios (econômicos, sociais e impactos ambientais) (Miller *et al.*, 2016), sendo uma relação de *trade-off* que precisa ser entendida para posteriormente, ser analisada e gerenciada da melhor forma possível. Essa relevância é ratificada, pelo número de publicações crescentes da relação entre transporte público e sustentabilidade.

No entanto, devido ao grande número de publicações, este trabalho tem por objetivo identificar como as principais pesquisas sobre Transporte Público estão relacionadas com os aspectos da sustentabilidade por meio de uma revisão bibliométrica realizada em três bases de dados (*Science Direct, Scopus* e *ISI Web of Knowledge*). Além disso, faz também uma análise de rede social, através das redes de co-citação dos países, palavras chave e autores através do *software* CiteSpace, com base no *Web of Knowlegde*.

2 | TRANSPORTE PÚBLICO E SUSTENTABILIDADE

Transporte sustentável inclui todos os aspectos que estão relacionados ao transporte, como: proteção da fauna, redução dos níveis de ruído, promoção do crescimento econômico, redução dos níveis de congestionamento, minimização dos acidentes e mortes, aumento da contribuição do turismo no PIB, promoção de ruas e bairros habitáveis e minimização da criminalidade relacionada com o transporte (Holden, Linnerud e Banister, 2013). Devido a esse amplo espectro, o transporte sustentável apresenta desafios.

Alcançar a sustentabilidade econômica, social e ambiental do transporte urbano é um dos grandes desafios contemporâneos (Alpkokin, Black, *et al.*, 2016), podendo se dar especialmente pelo uso de transporte não motorizado (caminhadas e bicicletas) ou motorizados através do transporte público.

Assim, as políticas de sustentabilidade dos transportes urbanos visam incentivar

uma maior utilização dos transportes públicos e uma melhoria da prestação de serviços (Alpkokin, Kiremitci, *et al.*, 2016) e por conta da necessidade de se promover o transporte público, o governo precisa desenvolver programas, políticas e estratégias para auxiliar a operação do TP, aumentar sua competitividade e atrair mais passageiros (Buehler, 2009).

Uma suposição implícita subjacente às estratégias governamentais para sistema de transporte urbano sustentável é que todos os usuários de automóveis serão encorajados ou persuadidos a usar mais transporte "verde": transporte público, caminhadas e ciclismo (Nakanishi e Black, 2015), sendo que quase todos esses contextos estão voltados paara reduzir as emissões de dióxido de carbono (CO_2.) (Hickman, Hall e Banister, 2013).

Essas questões estão relacionadas a um melhor uso do solo e a uma melhor infraestrutura no sistema de transporte, sendo um verdadeiro desafio implementá-las (Hickman, Hall e Banister, 2013).

3 I BIBLIOMETRIA

A bibliometria é indicada para análise de portfólios muito extensos, onde a seleção de maneira qualitativa torna-se demasiadamente demorada (Arantes e Santos, 2016). Uma das formas de realizar a análise bibliométrica dos artigos é pela a lei de produtividade de autores de Lotka e a lei de dispersão de periódicos de Bradford.

A Lei de Lotka, formulada em 1926, foi construída a partir de um estudo sobre a produtividade de cientistas, em que ele constatou que uma larga proporção da literatura científica é produzida por um pequeno número de autores, e um grande número de pequenos produtores se iguala, em produção, ao reduzido número de grandes produtores (Araújo, 2006).

A Lei de dispersão de Bradford constata que ordenando uma grande coleção de periódicos em ordem de produtividade decrescente relevante a um dado assunto, três zonas aparecem, cada uma contendo 1/3 do total de artigos relevantes (a primeira zona contém um pequeno número de periódicos altamente produtivos, a segunda contém um número maior de periódicos menos produtivos, e a terceira inclui mais periódicos ainda, mas cada um com menos produtividade).

4 I ANÁLISE DE REDE SOCIAL

As redes sociais são uma analogia importante pera se compreender fenômenos sociais complexos, uma vez que permitem aos pesquisadores trabalharem com um grande volume de variáveis e com inúmeras relações entre elas (Neder e Marques, 2015). Para isso, existem métricas importantes que auxiliam na análise dessas redes: modularidade (*modularity*), silhueta (*silhouette*) e centralidade (*centrality* ou *betweenness*).

A modularidade mede o grau em que uma rede pode ser dividida em blocos ou módulos independentes, associada as propriedades estruturais da rede, com pontuação

variando de 0 a 1, sendo que uma baixa modularidade sugere uma rede que não pode ser reduzida a clusters com limites claros, enquanto uma alta modularidade pode indicar uma rede bem estruturada (Chen, Sanjuan e Hou, 2010). Uma baixa modularidade pode dificultar as análises das redes pois tornaria difícil encontrar padrões para o estudo, ou ainda, os textos não fazem parte da mesma área científica (Neder e Marques, 2015).

A métrica silhueta é útil na estimativa da incerteza envolvida na identificação da natureza de um aglomerado de vértices. O valor da silhueta de um *cluster* varia de -1 a 1 e indica a incerteza que precisa ser levada em conta na interpretação da natureza do cluster científica (Neder e Marques, 2015). A rotulagem de cluster ou a agregação de outras tarefas se tornará mais simples para clusters com o valor silhueta na faixa de 0,7 ~ 0,9 ou superior (Chen, Sanjuan e Hou, 2010).

A métrica de centralidade pode ser definida para cada nó da rede, sendo medida a partir do grau em que o nó está no meio do percurso que o liga aos outros vértices desta rede. Valores altos para essa métrica podem identificar publicações científicas potencialmente revolucionárias. (Chen, Sanjuan e Hou, 2010). As pontuações de centralidade de intermediação são normalizadas para a unidade de intervalo de [0, 1]. Um nó de alta centralidade de intermediação é geralmente um que liga dois ou mais grandes grupos de nós com o próprio nó no meio, por isso o termo intermediação (Chen, 2014).

5 I MÉTODO DE PESQUISA

5.1 Coleta de Dados

Para a coleta dos dados, foram selecionadas as bases de dados *ISI Web of Science*, *Science Direct* e *Scopus*, realizando-se em duas etapas. Na primeira etapa foram inseridas as palavras chaves "*Sustainability*" e "*Public Transport*", e a segunda com "*Sustanability*" e "*Public Transportation*" para aparecem como tópico ou resumo.

A busca no ISI *Web of Science* resultou em 166 artigos, na base Scopus 656 e na *Web of Science*, 302 artigos, totalizando 1.124. Com o objetivo de analisar apenas artigos que tenham sido revisados por pares, excluiu-se os artigos não oriundos de periódicos, sendo eliminados 301 artigos, restando assim 823.

Como as bases possuem periódicos em comum, são encontrados títulos repetidos que devem ser eliminados antes de iniciar a análise bibliométrica. Esta verificação foi feita com o suporte dos *softwares Mendeley* e *Endnote*. Assim, foram eliminados 322 artigos, restando 501 oriundos de periódicos e sem repetições. Posteriormente, procedeu-se com a leitura dos títulos para verificar se os artigos estavam alinhados com o tema da pesquisa. Dos 501 artigos, foram eliminados 63, restando 438 artigos de periódicos, sem repetições e com título alinhado ao tema da pesquisa. O portfólio para início da análise bibliométrica possui 438 artigos.

5.2 Análise de Dados

5.2.1 Bibliometria

Pela bibliometria, o primeiro fator observado foi a produtividade dos periódicos. Estes são listados, relacionando a quantidade de artigos publicada em cada um e a representatividade de cada periódico em termos percentuais. Em seguida, avalia-se a produtividade dos autores, identificando (1) o número de trabalhos publicados por cada autor, (2) o percentual de autores com apenas uma publicação e (3) destacando aqueles com mais pesquisas publicadas.

Finalmente, verifica-se o número de citações total de cada artigo e a média de citações por ano, tendo como base o tempo de publicação. Para esta análise, foi utilizado o indicador do Google Acadêmico, uma vez que foram usadas três bases de dados e a contagem de citações das mesmas não pode ser comparada por serem realizadas de maneiras diferentes.

Assim, esses indicadores (produtividade dos periódicos, produtividade dos autores, número de citações total e número médio de citações por ano) são analisados conjuntamente, em que se estabelece um ponto de corte para cada indicador, realizando assim a análise bibliométrica das publicações.

5.2.2 Análise de Rede Social

A *Social Network Analysis* (SNA) feita com o *software* CiteSpace permite a importação dos dados da base Web of Science (WoS), com isso, obteve-se 246 artigos de periódicos para análise no período de 1995 a 2017.

Foram feitas análises baseadas em três nós: países, palavras chave e autores citados. Para esses nós, foram gerados *clusters*, em que foram analisadas as métricas de modularidade, silhueta e centralidade. Posteriormente, foram feitas análises dos clusters mais relevantes para cada um dos nós. Finalmente, foi verificado se existe explosão (*burst*) em algum dos nós obtidos pela base de dados do WoS.

6 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Produtividade dos Periódicos

Os 438 artigos do portfólio final foram encontrados em 206 periódicos. Destes, apenas 15 deles são responsáveis por 40,41% das publicações, a saber: *Transport Policy, Journal of Transport Geography, Research in Transportation Economics, Transportation Research Record, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Transportation Research Part D: Transport and Environment, WIT Transactions on Ecology and the Environment, Transportation Research Procedia, International Journal of Sustainable*

Transportation Transportation, Sustainability (Switzerland), Journal of Cleaner Production, Transport Reviews, Habitat International e *Public Transport International.*

O periódico *Transport Policy* é o que tem um maior número de publicações com 26 artigos publicados. Além disto, dentro do portfólio, 3 periódicos apresentaram 5 publicações cada, 10 apresentaram 3, 29 apresentaram 2, e por fim, 146 periódicos apresentaram apenas 1 publicação, ratificando assim com a lei de Bradford de que um pequeno número de periódicos concentra a maior parte das pesquisas.

6.2 Produtividade dos Autores

A segunda parte da revisão bibliométrica consiste em analisar a produtividade dos autores. Foram identificados 997 autores, dos quais 916 possuem apenas uma publicação, representando aproximadamente 92%. Um autor possui 7 publicações, 2 possuem 5 publicações, 4 autores possuem 4, 12 possuem 3 e 62 autores possuem 2 publicações.

Os autores que possuem maior número de publicações tendem a desenvolver um conhecimento mais aprofundado sobre o tema, e assim, espera-se importantes contribuições desses para o Transporte Público e a Sustentabilidade. Os principais autores são: Ralph Buehler (7 publicações), John Black (5), Tim Ryley (5), David Banister (4), Jeff Kenworthy (4), John Nelson (4) e John Pucher (4).

6.3 Produtividade das Citações

A produtividade das citações pode ser feita de duas formas: citação total ou por ano. A primeira analisa o número de citações total de um artigo, analisado pelo Google Acadêmico. A segunda realiza a divisão entre o número total de citações e seu ano de publicação, por exemplo: se um artigo foi publicado em 2017 e ele apresenta 10 citações no total, então sua citação anual é 10. Porém, se um artigo é de 2016 e apresenta 10 citações no total, sua citação anual é 5.

O autor R. Buehler além de ser o autor mais produtivo do portfólio, aparece 4 vezes nos artigos com maiores citações. Todos os artigos tiveram sua citação contabilizada, em que o somatório foi de 8.417 citações. Os 32 artigos listados apresentam um total de 4804 citações, representando mais de 57% de todas as citações.

Por fim, para se estabelecer quais artigos devem ser selecionados, foi estabelecido um ponto de corte para cada indicador (periódicos, autores e citações). Foi constatado que os periódicos mais produtivos são os que possuem ao menos 6 publicações, representando 40,41% das publicações. Assim, o ponto de corte para os periódicos aqueles que possuem 6 publicações ou mais.

Para o segundo indicador (autores), foi estabelecido o seguinte ponto de corte: foram considerados aqueles com 3 ou mais publicações. Por fim, o terceiro indicador (citações), foram definidos aqueles com mais de 10 citações por ano. Com o intuito de não excluir artigos recentes (publicados em 2016 e 2017) foi estabelecido o ponto de corte de 5 citações por ano. Dessa forma, foram considerados os artigos que atenderam dois ou mais

desses critérios e com isso, obteve-se 48 artigos selecionados.

6.4 Análise das palavras chave

Com auxílio do *Endnote*, foram identificadas 195 palavras chave nos artigos selecionados. No entanto, 5 deles não apresentaram palavras chave (10,4% da amostra). As palavras chave com maior frequência foram: *Sustainability* (10), *Public Transport* (8), *Land use* (4), *Public Transit* (3), *Transport* (3), *Sustainable Transportation* (3), *Germany* (3), *Efficiency* (3) e *Australia* (3), que mostram convergência com os temas principais dos artigos.

A análise das palavras chave auxiliou a identificar os sub temas dos artigos, ou seja, a ideia central de cada. Os sub temas selecionados fazem referências às principais abordagens dos artigos: caracterização do padrão de viagens relacionado a escolha modal, abordagens/técnicas voltadas para melhoria do TP, Parceria Público-Privada para financiamento do TP, Política de Restrição para uso do automóvel, Dependência do automóvel, Utilização e/ou compartilhamento de bicicletas, tecnologia aplicada à melhoria do transporte, indicadores de sustentabilidade, sustentabilidade ambiental, sustentabilidade social, sustentabilidade financeira.

6.5 Caracterização da Amostra

Devido a amplitude do tema, os artigos selecionados apresentam as abordagens mais diversas. No entanto, 39 artigos dos 48 apresentam aplicação prática, representando mais de 81% da amostra.

Um dos pontos de destaque é a utilização de técnicas voltadas para melhoria do transporte público. Diante dessa preocupação, é necessário abordar um sistema de transporte sustentável, com políticas voltadas ao TP e incentivos a modos não motorizados que são apresentados pelos mais diversos autores (Alpkokin, Kiremitci, *et al*., 2016; Buehler e Pucher, 2011a; Giles-Corti *et al*., 2016; Kenworthy, 2006; May, Shepherd e Timms, 2000; May, Tranter e Warn, 2011; Shiftan, Kaplan e Hakkert, 2003), sendo importante destacar as publicações que tratam de modos de transporte motorizados mais sustentáveis como trens e ônibus.

O ônibus deve também ser levantado quanto a uma solução mais sustentável aos modos de transporte (Finn e Nelson, 2002), tendo a Alemanha consigo tornar isso sustentável financeiramente (Buehler e Pucher, 2011b), levantando questões acerca da sustentabilidade financeira em transporte público e também a necessidade de parcerias público-privadas para sua viabilidade (Black, Paez e Suthanaya, 2002; May, Shepherd e Timms, 2000; May, Tranter e Warn, 2011).

Quanto ao uso do transporte não motorizado, a bicicleta apresentou bastante relevância no portfólio. Seja pela realidade do compartilhamento de bicicletas (Nair *et al*., 2013; Shaheen, Guzman e Zhang, 2010), pelo uso de bicicletas elétricas (Cherry e Cervero,

2007) ou outras análises sobre ciclovias e a infraestrutura necessária (Buehler e Pucher, 2012; Murphy e Usher, 2015), mostrando que elas são fundamentais para promoção de um transporte mais sustentável.

Outro ponto interessante, é a preocupação com o comportamento, envelhecimento das pessoas e como isso pode ser afetado pelo sistema de transporte, através da mudança de hábitos durante vários estágios da vida (Abou-Zeid e Fujii, 2016; Currie e Delbosc, 2010; Nakanishi e Black, 2016), trazendo uma análise do padrão de viagens relacionado a escolha modal e a sustentabilidade social.

A sustentabilidade social também é discutida seja como um fator para promoção do turismo com o uso de teleféricos (Brida, Deidda e Pulina, 2014), ou pela sua eficiência com perspectivas de equidade (Viegas, 2001), inclusive com as motoristas mais idosos (Nakanishi e Black, 2015).

Com isso, além da necessidade de promover ações, também se faz necessário quantificá-las, que se dá por meio de indicadores de sustentabilidade (Black, Paez e Suthanaya, 2002; Richardson, 2005). Percebe-se a amplitude do tema, bem como a importância do transporte público para o desenvolvimento sustentável.

6.6 Análise de Redes sociais

Para análise de rede social, foi utilizado o *software* CiteSpace, utilizando a base de dados *Web of Knowledge* (WoS) – sendo essa a sua principal base de dados – com as mesmas palavras chave da análise bibliométrica. Com isso, obteve-se 246 artigos de periódicos, no período de 1995 a 2017.

O *software* permite a escolha de vários tipos de nós (*node types*) para se fazer a análise, tais como: autor, país, palavra chave, referências citadas, etc. Para este trabalho, foram selecionados os seguintes *node types*: países, palavras chave e autores citados.

Foram utilizados três indicadores: *clustering*, *burst e centrality*. O *clustering* fornece uma maneira precisa para identificar grupos (*clusters*), usando a função de agrupamento do *software* que apresenta três métricas importantes que foram analisadas neste trabalho: a modularidade (*modularity*), a silhueta (*silhouette*) e a centralidade (*centrality*) do cluster.

6.6.1 Análise por Países

Uma das formas de se obter as informações é por meio de *clusters* que permite visualizar e identificar alguns tipos de grupos proeminentes. Para os países, foram identificados um total de 10 clusters, com 23 países. Cada um desses grupos corresponde a um fio condutor, um tópico ou uma linha de pesquisa.

Foi mostrada uma modularidade de Q=0,38, considerada razoavelmente baixa o que significa que a rede está razoavelmente dividida em clusters de baixo acoplamento, sendo um indicio que não existe necessariamente um país padrão para o estudo. A métrica silhueta de pontuação de 0,27 sugere que homogeneidade destes aglomerados, em média,

não é muito elevada, apresentando um indicativo de que os clusters não serão facilmente rotulados.

Os países com as maiores centralidades são: Estados Unidos, China e Austrália, ou seja, são os principais países que se ligam a outros *clusters*. Outro indicador do CiteSpace identifica onde estão as áreas de pesquisa mais ativas, que se dá por meio da detecção de explosão (*burst*). Para a análise dos países, o CiteSpace detectou explosão na Inglaterra e Estados Unidos, sendo um no período de 1997 a 2007 e outro no período de 2003 a 2012.

6.6.2 Análise por Palavras Chave

A segunda análise foi feita selecionando outro tipo de nó (*node type*): *keywords*. Para as palavras chave, foram identificados 10 clusters com 99 palavras chave. Foi mostrada uma modularidade de Q=0,4533, considerada razoavelmente baixa. A métrica silhueta de pontuação de 0,4573 sugere que homogeneidade destes aglomerados não é muito elevada. As maiores centralidades em ordem decrescente são: *sustainable development* (0,18), *built environment* (0,16), *travel behavior* (0,16), *public transport* (0,16), *climate change* (0,15), *policy* (0,14), *mode choice* (0,13), *urban form* (0,13) e *walking* (0,12). As palavras chave apresentadas com maiores centralidades indicam tendências da literatura.

Para caracterizar a natureza de um *cluster* identificado, após testes, foi escolhido para gerar *clusters* a partir das palavras chave. Os maiores *clusters* indicados por palavras-chave, em ordem decrescente são: *"atitude", "neighborhood", "accessibility", "sustainable development", "bicycle*", "*cycling*", "*compact city*" e "*transport planning*". Esses *clusters* indicam as principais áreas de pesquisa de acordo com as palavras chave da base WoS.

Outra função utilizada foi a detecção de explosão (*burst*), em que foi encontrada uma palavra chave de uma área de pesquisa mais ativa: *sustainability*, com início em 1997 e término em 2011, apresentando uma relação com outras palavras chave, como: *energy, policy, impact, pattern, bicycle, public transport, germany system* e *technology*.

6.6.3 Análise por autores citados

Por fim, a última análise foi feita selecionando o nó de autores. Para esse item, foram identificados 6 clusters. Foi mostrada uma modularidade de Q=0,67, considerada relativamente alta, o que indica uma rede bem estruturada, enquanto a silhueta retornou o valor 0,24. As maiores centralidades foram dos autores Cervero e Banister, apresentando convergência com o que foi encontrado pela bibliometria. Por fim, foi utilizada a função de detecção de explosão. Os autores citados que se sobressaíram foram P. Newman. e J. Pucher

7 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ao grande número de publicações que relacionam transporte público e sustentabilidade, torna-se imprescindível uma técnica quantitativa para analisar tais publicações. Por isso, é indicado uma análise bibliométrica para selecionar as publicações mais relevantes que abordem esses dois temas. No entanto, além da análise quantitativa, outra abordagem importante para se identificar tendências e padrões na literatura é a análise de rede social.

Assim, este trabalho realizou uma análise bibliométrica das principais pesquisas sobre os temas, considerando três fatores: produtividade dos periódicos, produtividade dos autores e artigos mais citados. Com isso, selecionou-se 48 artigos que apresentaram diversas ramificações sobre os temas escolhidos.

Esses subtemas apresentam convergência entre si, visto que podem ser relacionados de diversas formas, como: técnicas voltadas para melhoria do transporte público podem ser obtidas através de uma parceria público privada, ou ainda, a dependência do automóvel pode ser relacionada com políticas de restrição para uso deste e assim por diante.

Um dos pontos de destaque nessas publicações foi a caracterização do padrão de viagens relacionado a escolha modal. Ou seja, como o padrão de viagens e a escolha modal de um indivíduo ou um grupo de pessoas pode ser afetado por questões como: qualidade transporte público, idade, políticas de conscientização, etc. Outro ponto de destaque foram as publicações que levantaram técnicas para melhoria do transporte público, como uma melhor acessibilidade ou equidade do uso do solo, bem como pontos diretamente relacionados a sustentabilidade ambiental, social e financeira, mostrando assim a convergência da amostra selecionada com o tema.

Muitos artigos também tratam da dependência do automóvel como uma preocupação quando se trata de sustentabilidade, que acabam relacionando também com políticas para restrição do uso do automóvel. Em vista disso, a questão não é apenas disponibilizar o transporte público, mas também que ele seja com regularidade, que tenha capacidade de atender a população e que há uma necessidade de trabalhar com políticas de conscientização para que as pessoas priorizem o transporte não motorizado e o público.

Dessa forma, o transporte público por si só promove a sustentabilidade visto que permite a sua utilização em detrimento ao transporte individual, trazendo com isso vários outros aspectos positivos, como: melhor uso do solo, infraestrutura, mobilidade, mudanças no padrão de comportamento e de viagens, melhorias na produtividade do TP e assim, uma melhor viabilidade de implantação. Ou seja, a sua utilização não se reduz apenas a uma mera questão ambiental para a redução da emissão de CO_2, mas também fatores relacionados a questões sociais e financeiras.

A análise de rede social permitiu identificar os principais países que apresentam as maiores publicações sobre esses temas: Estados Unidos, Inglaterra, Austrália e China.

As palavras chaves com as maiores centralidades foram: desenvolvimento sustentável, ambiente construído, padrão de viagem, transporte público, mudanças climáticas, políticas, escolha modal, forma urbana e “a pé”.

Tais palavras estão de acordo com o que foi sumarizado pela bibliometria, mostrando assim uma convergência entre essas duas análises. Como a centralidade é um indício de tendências da literatura, pode-se afirmar que uma possível tendência da literatura está relacionada com a sustentabilidade ambiental e social.

REFERÊNCIAS

ABOU-ZEID, M. .; FUJII, S. . Travel satisfaction effects of changes in public transport usage. **Transportation**, v. 43, n. 2, p. 301–314, 2016.

ALPKOKIN, P.; BLACK, J.; IYINAM, S.; KESTEN, A. S. Historical analysis of economic, social and environmental impacts of the Europe-Asia crossings in Istanbul. **INTERNATIONAL JOURNAL OF SUSTAINABLE TRANSPORTATION**, v. 10, n. 2, p. 65–75, 2016.

ALPKOKIN, P.; KIREMITCI, S. T.; BLACK, J.; CETINAVCI, S. LRT and street tram policies and implementation in turkish cities. **JOURNAL OF TRANSPORT GEOGRAPHY**, v. 54, p. 476–487, jun. 2016.

ARANTES, F. P.; SANTOS, T. F. **Integração Da Cadeia De Suprimentos: Uma Análise Teórica E Bibliométrica Das** XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCÃO. **Anais**...João Pessoa-PB: 2016

ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução história e questões atuais. **Em Questão**, v. 12, n. 1, p. 11–32, 2006.

BLACK, J.; PAEZ, A.; SUTHANAYA, P. A. Sustainable urban transportation: Performance indicators and some analytical approaches. **JOURNAL OF URBAN PLANNING AND DEVELOPMENT-ASCE**, v. 128, n. 4, p. 184–209, 2002.

BRIDA, J. G.; DEIDDA, M.; PULINA, M. Tourism and transport systems in mountain environments: analysis of the economic efficiency of cableways in South Tyrol. **JOURNAL OF TRANSPORT GEOGRAPHY**, v. 36, p. 1–11, 2014.

BUEHLER, R. Promoting Public Transportation Comparison of Passengers and Policies in Germany and the United States. **TRANSPORTATION RESEARCH RECORD**, n. 2110, p. 60–68, 2009.

BUEHLER, R.; PUCHER, J. Sustainable transport in freiburg: Lessons from germany’s environmental capital. **INTERNATIONAL JOURNAL OF SUSTAINABLE TRANSPORTATION**, v. 5, n. 1, p. 43–70, 2011a.

___. Making public transport financially sustainable. **Transport Policy**, v. 18, n. 1, p. 126–138, 2011b.

___. Cycling to work in 90 large American cities: New evidence on the role of bike paths and lanes. **Transportation**, v. 39, n. 2, p. 409–432, mar. 2012.

CHEN, C. **The CiteSpace ManualCollege of Computing and Informatics**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://cluster.uschool.drexel.edu/~cchen/citespace/CiteSpaceManual.pdf>.

CHEN, C.; SANJUAN, F. I.; HOU, J. The Structure and Dynamics of Co T Citation Clusters : A Multiple T Perspective Co T Citation Analysis. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 7, p. 1386–1409, 2010.

CHERRY, C. . C.; CERVERO, R. Use characteristics and mode choice behavior of electric bike users in China. **Transport Policy**, v. 14, n. 3, p. 247–257, 2007.

CURRIE, G.; DELBOSC, A. Exploring public transport usage trends in an ageing population. **Transportation**, v. 37, n. 1, p. 151–164, jan. 2010.

FINN, B. .; NELSON, J. D. International perspective on the changing structure of the urban bus market. **Transportation Research Record**, n. 1799, p. 89–96, 2002.

GILES-CORTI, B.; VERNEZ-MOUDON, A.; REIS, R.; TURRELL, G.; DANNENBERG, A. L.; BADLAND, H.; FOSTER, S.; LOWE, M.; SALLIS, J. F.; STEVENSON, M.; OWEN, N. City planning and population health: a global challenge. **LANCET**, v. 388, n. 10062, p. 2912–2924, 2016.

HICKMAN, R.; HALL, P.; BANISTER, D. Planning more for sustainable mobility. **Journal of Transport Geography**, v. 33, p. 210–219, 2013.

HOLDEN, E.; LINNERUD, K.; BANISTER, D. Sustainable passenger transport: Back to Brundtland. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 54, p. 67–77, 2013.

KENWORTHY, J. R. The eco-city: ten key transport and planning dimensions for sustainable city development. **ENVIRONMENT AND URBANIZATION**, v. 18, n. 1, p. 67–85, 2006.

MAY, A.; SHEPHERD, S.; TIMMS, P. M. Optimal transport strategies for European cities. **Transportation**, v. 27, n. 3, p. 285–315, 2000.

MAY, A.; TRANTER, P. J. .; WARN, J. R. . Progressing road safety through deep change and transformational leadership. **Journal of Transport Geography**, v. 19, n. 6, p. 1423–1430, 2011.

MILLER, P.; BARROS, A. G. DE; KATTAN, L.; WIRASINGHE, S. C. Public transportation and sustainability: A review. **KSCE JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING**, v. 20, n. 3, p. 1076–1083, 2016.

MURPHY, E.; USHER, J. The Role of Bicycle-sharing in the City: Analysis of the Irish Experience. **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 9, n. 2, p. 116–125, 2015.

NAIR, R.; MILLER-HOOKS, E.; HAMPSHIRE, R. C.; BUŠIĆ, A. Large-Scale Vehicle Sharing Systems: Analysis of Vélib'. **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 7, n. 1, p. 85–106, 2013.

NAKANISHI, H.; BLACK, J. Social sustainability issues and older adults' dependence on automobiles in low-density environments. **Sustainability (Switzerland)**, v. 7, n. 6, p. 7289–7309, 2015.

___. Travel habit creation of the elderly and the transition to sustainable transport: Exploratory research based on a retrospective survey. **INTERNATIONAL JOURNAL OF SUSTAINABLE TRANSPORTATION**, v. 10, n. 7, p. 604–616, 2016.

NEDER, R.; MARQUES, C. **Aprendizagem Organizacional : Redes de Produção Científica sob a Perspectiva da Análise de Redes Sociais**12th INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS & TECHNOLOGY MANAGEMENT. **Anais**...2015

RICHARDSON, B. C. Sustainable transport: Analysis frameworks. **Journal of Transport Geography**, v. 13, n. 1 SPEC. ISS., p. 29–39, 2005.

SHAHEEN, S. A.; GUZMAN, S.; ZHANG, H. Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia Past, Present, and Future. **TRANSPORTATION RESEARCH RECORD**, n. 2143, p. 159–167, 2010.

SHIFTAN, Y.; KAPLAN, S.; HAKKERT, S. Scenario building as a tool for planning a sustainable transportation system. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 8, n. 5, p. 323–342, 2003.

VIEGAS, J. M. Making urban road pricing acceptable and effective: searching for quality and equity in urban mobility. **Transport Policy**, v. 8, n. 4, p. 289–294, 2001.

CAPÍTULO 5

ARRANJOS INSTITUCIONAIS DE SISTEMAS BRTS: UMA PERSPECTIVA COMPARADA ENTRE SANTIAGO E RIO DE JANEIRO

Data de aceite: 10/01/2022

Luara Miranda Bessa
Graduanda na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
Rio de Janeiro – RJ – Brasil

Tayssa Gonzaga Pires Ferreira
Graduanda na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
Rio de Janeiro – RJ – Brasil

Denilson Queiroz Gomes Ferreira
Professor Adjunto da Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Artigo escrito no âmbito do Projeto de Pesquisa OBGOV – Observatório de Estruturas de Governança, da Faculdade de Administração e Finanças (FAF) da UERJ. Os autores agradecem a contribuição de Lorrane Sampaio Fagundes de Oliveira, integrante do Projeto de Pesquisa.

RESUMO: A partir das lições seminais provenientes da obra de Coase (1937) e o respectivo aprofundamento dos conceitos por Williamson (1975) e North (1981), o presente artigo se pretende compreender as estruturas de governança de dois sistemas de Bus Rapid Transit (BRT) de capitais da América Latina: Santiago e Rio de Janeiro. E, com isso, analisar como um único serviço, com um único objetivo, pode ser gerenciado por diferentes arranjos institucionais, fazendo com que a relação público-privado assuma distintas nuances. A Red Metropolitana de Movilidad é o sistema que faz a operação dos transportes públicos de Santiago. Além dos operadores privados, há outros entes no arranjo institucional como agente financeiro do sistema, responsável pela gestão dos recursos financeiros que transitam pelo sistema, e a autoridade governamental, que atua no planejamento e gestão do sistema. O arranjo institucional do BRT Rio de Janeiro considerou fatores históricos quando da seleção dos participantes do sistema, valendo-se marcos contratuais anteriores, relacionados à concessão de serviços públicos de transporte coletivo convencionais. Portanto, diferentemente da Red, não houve um novo processo licitatório que fomentasse a concorrência entre os distintos participantes de um sistema BRT. A coincidência de competências que recaem sobre uma única empresa também pode ser vista no sistema de pagamentos centralizado RioCard, cuja administração, emissão de cartões e gestão dos pagamentos são feitas pela RioPar.

PALAVRAS-CHAVE: Estruturas de Governança; Governança; Custos de Trasação. BRT.

INSTITUTIONAL ARRANGEMENTS OF BRT SYSTEMS: A COMPARATIVE PERSPECTIVE BETWEEN SANTIAGO AND RIO DE JANEIRO

ABSTRACT: Based on the seminal lessons from the work of Coase (1937) and the respective deepening of the concepts by Williamson (1975) and North (1981), this article intends to explore the governance structures of two Bus Rapid Transit (BRT) systems of the Latin American capitals Santiago and Rio de Janeiro. Further

analyzing how a single service, with a single objective, can be managed by different institutional arrangements, making the public-private relationship take on different nuances. *Red Metropolitana de Movilidad* is the system that operates public transport in Santiago alongside private operators. There are other entities in the institutional arrangement such as the system's financial agent, responsible for managing the financial resources that flow through the system, and the government authority, which acts in the planning and management of the system. The analysis of the institutional arrangement of BRT Rio de Janeiro considered historical factors when selecting the system's participants, using previous contractual frameworks related to the concession of conventional public transport services. Therefore, unlike *Red Metropolitana de Movilidad*, there was no new bidding process which might have fostered competition between the different participants of a BRT system. The coincidence of competences that fall to a single company can also be seen in the RioCard centralized payment system, whose administration, card issuance and payment management are carried out by RioPar.
KEYWORDS: Cost of Transaction; Governance; Institutional arrangements; BRT.

1 | INTRODUÇÃO

Ao avaliar resultados reais das transações econômicas, exemplos práticos nos distanciam da certeza sobre a existência de um mercado perfeito, que representasse o ápice da eficiência. Na Teoria dos Custos de Transação (COASE, 1937), é proposto que firmas arcam não apenas com custos de produção, mas também os manter e fazer valer os contratos com os quais a firma se relaciona com os demais agentes econômicos. Então é proposto o uso da lente da Teoria do Custo de Transação para melhor compreender o custo de tais ineficiências nas relações entre firmas. Do ponto de vista econômico, quando trabalhada de forma efetiva, pode-se considerar as instituições um fator importante para reduzir os custos de transação.

É a partir das lições seminais provenientes da obra de Coase, em "A Natureza da Firma", e o respectivo aprofundamento dos conceitos por Williamson (1975) e North (1981) que se pretende compreender as estruturas de governança de dois sistemas de Bus Rapid Transit (BRT) de capitais da América Latina: Santiago e Rio de Janeiro. E, com isso, analisar como um único serviço, com um único objetivo, pode ser gerenciado por diferentes arranjos institucionais, fazendo com que a relação público-privado assuma distintas nuances.

No Chile, o sistema BRT foi implantado em 2006 e agora conta com 13 corredores prioritários de ônibus com 90 km. A Red Metropolitana de Movilidad é o sistema que faz a operação dos transportes públicos de Santiago, atuando nos metros, trens, ônibus e realizando a integração da tarifa desses três modais em um único cartão: o cartão bip! O sistema de ônibus é operado por seis empresas concessionárias participantes: Subus Chile S.A, Buses Vule S.A, MetBus S.A, Redbus Urbano S.A, Express de Santiago Uno S.A e Servicio de Transporte de Personas. Além dos operadores privados, há outros entes no arranjo institucional como agente financeiro do sistema, responsável pela gestão dos recursos financeiros que transitam pelo sistema.

Já o arranjo institucional do BRT Rio considerou fatores históricos quando da seleção dos participantes do sistema, valendo-se marcos contratuais anteriores, relacionados à concessão de serviços públicos de transporte coletivo convencionais. Portanto, diferentemente do sistema acima, não houve um novo processo licitatório que fomentasse a concorrência entre os distintos participantes de um sistema BRT. À guisa de exemplo, o mesmo edital exigia a implementação de um Centro de Controle Operacional (CCO), o que difere o BRT Rio de outros sistemas de transporte rápido. A coincidência de competências que recaem sobre uma única empresa também pode ser vista no sistema de pagamentos centralizado RioCard, cuja administração, emissão de cartões e gestão dos pagamentos são feitas pela RioPar (RIOPAR, 2020).

Por fim, o presente estudo busca realizar uma análise comparada entre estruturas de governança dos dois sistemas citados acima, evidenciando suas diferenças e similitudes.

2 | DESENVOLVIMENTO

2.1 Referencial Teórico

Coase (1937) embasa sua teoria na percepção de custos derivados da estratégia empresarial, sem que estes sejam diretamente vinculados aos gastos operacionais da firma. Os custos de transação surgem durante a passagem de um bem ou serviço entre firmas. E, nesta troca, tais custos seriam capazes de moldar a organização econômica de um setor e até os mecanismos de governança da transação. A busca pela redução de custos foi a justificativa pela transação, mas observá-la como objeto de estudo permitia compreender as diferenças nas trocas entre diferentes firmas (WILLIAMSON, 1975, 1985).

A partir dos estudos desses dois economistas entende-se como custo de transação tudo o que envolve o processo da produção, venda e compra de um determinado produto, como os custos com fornecedores, recursos humanos, distribuição, contratos entre agentes dentre outros. Estariam os custos de transação, portanto, presentes na estrutura de custos da empresa, inclusive nos de produção. Outra forma de entender melhor como funciona os custos de transação, é analisando a partir da pesquisa feita por Williamson (1985), que os divide em custos de transação: ex-ante e ex-post. O primeiro está relacionado com o custo de redigir, negociar e estabelecer salvaguardas em um contrato. Por sua vez, o segundo está relacionado ao monitoramento, adaptação e renegociação às novas realidades ocorridas durante a execução do contrato. É fundamental considerar que esses dois custos funcionam de maneira interdependentes e devem ser considerados de maneira concomitante.

Diversos autores opinam sobre os diferentes fatores que impactavam no aumento ou redução dos custos desta transação. Sendo eles a racionalidade limitada, o oportunismo, especificidade do ativo e frequência. Sobre os fatores humanos que impactam no custo de transação, Williamson (1985) traz atenção à racionalidade limitada e ao oportunismo ao

afirmar que ambos são fatores incrementais. Ou seja, o aumento do oportunismo causaria maior limitação da racionalidade. Esta se relaciona à limitação do acesso às informações por parte dos membros de um arranjo institucional; o que poderia ser superado pela maior aproximação e transparência entre as partes. Já sobre o oportunismo, representa um problema de agência que pode surgir sob a forma de fraude, omissões e outros esforços que gerariam aumento da limitação de racionalidade. Chegando, em situações de oportunismo mais elevado, a descumprimento de acordos contratuais, como os que regulam as concessões públicas. No entanto, o fator frequência das transações agiria de forma inversa aos citados anteriores. Uma vez que a maior frequência de transações limitaria o espaço para oportunismo e racionalidade limitada por meio do aumento da confiança entre as partes.

O desempenho de arranjo institucional com participação de agentes privados depende da natureza do sistema regulatório (FIANI, 2016). Analisando o arranjo híbrido (público e privado) das transações contempladas pela nomenclatura Parceria Público-Privada (PPP), o autor evidencia que, apesar de possuir a intenção de atuar de forma racional, a racionalidade limitada impacta sua capacidade de fazê-lo. Isto, em conjunto com comportamentos oportunistas criam um cenário propenso a altos custos de transação. Em paralelo, outro fator de alta relevância no tema é a especificidade do ativo ao redor do qual é firmada a transação. Quão maior a especificidade de tal ativo, maior é capacidade de uma das partes de agir de forma oportunista., entendidos como específicos aqueles ativos que sofrem uma desvalorização expressiva se forem aplicados em uma atividade diferente daquela para a qual foram planejados. Desse modo, a diversidade de uso de determinado ativo restringiria sua especificidade e, assim, sua exposição a comportamentos oportunistas que potencialmente aumentariam seus custos de transação.

A estrutura de governança de uma firma, ou seja, seu arranjo institucional, estará situada em um continuum no qual os extremos são o mercado e a hierarquia. O mercado é pouco especializado, opera em alto volume de transações que são tratadas de forma equitativa (FIANI, 2016). A hierarquia, baseada no poder fazer, tem como premissa a integração verticalmente das atividades produtivas sob uma única firma. Entre esses dois extremos estão as firmas reais, valendo-se de arranjos híbridos que vinculam agentes independentes em relações de maior ou menor duração e firmados a partir de contratos, tácitos ou explícitos, que não detalham de forma exaustiva os procedimentos a serem executados, portanto inexoravelmente incompletos.

Entre os extremos mercado e hierarquia, Fiani (2016) afirma que a combinação de incentivos e controles faz com que os arranjos híbridos criem problemas específicos que mercados, calcados em incentivos, e hierarquias, centrada em controles, não experimentam. Desta forma, é possível chegar às seguintes conclusões: maiores riscos de transação resultariam em estruturas de governança mais complexas. Confiança, ainda que não suficiente, é um critério necessário para o estabelecimento de transações, de

modo que as estruturas de governança também poderiam ser explicadas por diferentes níveis de confiança e risco. Diante desses diferentes níveis, o conjunto de regras, tanto do campo jurídico quanto do social, é vetor adicional a interferir nas estruturas de governança. Tem-se, portanto, a relevância das instituições para as firmas (NORTH, 1981). A partir deste conceito, vale ressaltar a transação como um fenômeno econômico que depende de arranjos institucionais que incluem o estado, as instituições de apoio aos direitos de propriedade e as instituições para estabelecer e fazer cumprir o direito dos contratos. É necessário entender como se dá a transação e qual o comportamento dos indivíduos que transacionam, dado que uma das principais tarefas da organização econômica é coordenar as ações dos indivíduos para buscar reduzir os custos de transação e, assim, promover o equilíbrio econômico desejado.

As estruturas de governança seriam, portanto. são mecanismos de coordenação empregados para reduzir custos de transação na realização das transações, a partir de instituições reguladoras. As instituições são as regras do jogo e, junto às regras da economia, definem o conjunto de escolhas presentes para as organizações. A obra de North (1981) é essencial para entender a influência das instituições no campo econômico, o seu nível de desenvolvimento na economia e de que forma ela atua em cada sociedade com suas regras e leis. O economista questiona a teoria da informação completa, da racionalidade e dos mercados perfeitos, pois pode-se observar que no mundo real os indivíduos são marcados por inúmeras incertezas por não terem acesso as informações de maneira igualitária e com isso gera uma despesa chamada de custo de transação.

2.2 Red Metropolitana de Movilidad

Em Santiago, no Chile, o sistema BRT foi implantado em 2006 e agora conta com 13 corredores prioritários de ônibus com 90 km. A Red Metropolitana de Movilidad é o sistema que faz a operação dos transportes públicos de Santiago, atuando nos metros, trens, ônibus e realizando a integração da tarifa desses três modais em um único cartão: o cartão bip! O sistema de ônibus é operado por seis empresas concessionárias participantes: Subus Chile S.A, Buses Vule S.A, MetBus S.A, Redbus Urbano S.A, Express de Santiago Uno S.A e Servicio de Transporte de Personas. Além dos operadores privados, há outros entes no arranjo institucional como agente financeiro do sistema, responsável pela gestão dos recursos financeiros que transitam pelo sistema.

O BRT (Bus Rapid Transit) tem sido considerado uma solução quando se é pensado em uma mobilidade mais rápida e com maior capacidade de passageiros. Em Santiago, 340.800 mil passageiros utilizam o meio de transporte diariamente (DTPM, 2020). A cidade começou o sistema em 2006 e agora conta com 13 corredores prioritários de ônibus com 90 km. O arranjo institucional do sistema é fortemente centrado na figura da Diretoria de Transporte Público Metropolitano de Santiago (DTPM), vinculado ao Ministério dos Transportes e Telecomunicações, cuja estrutura de governança é voltada para as atividades

de planejamento e controle do sistema, deixando aos agentes privados a execução de suas determinações legais, financeiras e operacionais.

A DTPM conta com uma Secretaria Técnica, 6 Gerências e 4 Coordenações, que se reportam diretamente à Diretoria. O corpo profissional da DTPM, sucessora da Coordenação de Transantiago (nome inicial do BRT), lida com um trabalho multidisciplinar.

O Planejamento e Gestão da Infraestrutura é responsável pelo planejamento operativo do sistema que considera a avaliação de planos, projetos, estudos e iniciativas do Transporte Público Metropolitano que melhorem a mobilidade dos usuários. Além disso, é responsável pelo desenvolvimento, coordenação e implementação das várias iniciativas de investimento no âmbito do Plano Diretor de Infraestrutura do Transporte Público Metropolitano, que visa proporcionar uma melhor experiência de viagem.

A Gerência de Operação e Manutenção é responsável por monitorar e controlar o funcionamento diário dos ônibus, bem como a execução correta de seus planos de manutenção. Além disso, realiza a supervisão permanente dos serviços de Transporte Público Metropolitano, executando tarefas de coordenação, gestão e análise, para garantir o bom funcionamento do sistema.

A Gestão de Usuários é responsável por definir, implementar e executar as estratégias de informação, divulgação, educação e atenção do Sistema de Transporte Público Metropolitano, com o objetivo de avançar na melhoria constante da experiência do usuário.

O Departamento de Finanças e Controle de Gestão é responsável pela gestão financeira do Sistema Metropolitano de Transporte Público, pelos pedidos de contribuições do Estado e pela execução de pagamentos aos diversos atores, pela projeção financeira e pela revisão dos saldos econômicos dos prestadores de serviços transporte e sistemas complementares. Além disso, atua como contrapartida ao painel de especialistas em tarifas e desenvolve ferramentas de controle de gestão para as diferentes áreas de operação do serviço.

À Administração e Gestão de Pessoas compete gerir o orçamento, processos de pagamento e contratação de bens e serviços, bem como a administração e gestão das pessoas que integram a DTPM. Esta Direção lidera também o processo de desenvolvimento organizacional, comunicação interna e gestão de serviços gerais.

A Gestão de Sistemas Inteligentes de Transporte propõe e lidera os projetos e ações tecnológicas a serem implantados no Sistema de Transporte Público Metropolitano. Essa Gestão é a contrapartida técnica dos contratos de serviços complementares e tecnológicos exigidos pelo Sistema, que são contratados pela Diretoria de Transporte Público Metropolitano. Além disso, é o garante do desenvolvimento de vários projetos de TIC e da continuidade operacional das redes e armazenamento de que a organização necessita.

A Coordenação Jurídica fornece suporte jurídico à Diretoria de Transportes Públicos Metropolitanos, para assegurar que suas ações estejam de acordo com a regulamentação

em vigor; supervisiona o cumprimento das leis, regulamentos e contratos do Sistema; garante a legalidade dos processos administrativos e de contratação de informações e a transparência, cumprindo um papel articulador dos processos gerados na Diretoria de Transporte Público Metropolitano.

A Coordenação de Enlace é responsável por facilitar a gestão do Diretor de Transporte Público Metropolitano, coordenando a agenda estratégica com os atores-chave relevantes do Sistema. Além de gerar conteúdos específicos, apoia o acompanhamento da situação da gestão e dos principais resultados das gestões, bem como a tomada de decisões do Conselho Metropolitano de Transporte Público.

A Coordenação de Comunicação tem a função de assessorar o Diretor da Diretoria de Transporte Público Metropolitano nos assuntos comunicacionais relativos aos assuntos que envolvem o sistema. Além de gerar, comunicar, divulgar e distribuir informações para os meios de comunicação, plataformas digitais, usuários e integrantes do Transantiago, visa informar sobre o trabalho e o andamento que está em constante desenvolvimento.

A Coordenação de Gestão de Contratos é responsável pelo cumprimento integral e consistência de contratos e acordos com prestadores de serviços de transporte, controlando e gerenciando uma análise estratégica do sistema integrado (ônibus urbanos, metrô, trem e outros eventuais modos de transporte futuros), do ponto de vista técnico, operacional, de serviços, econômico e administrativo.

A partir de 2017 todo o planejamento do sistema estava a cargo do Ministério dos Transportes e Telecomunicações através da Coordenação do Transantiago (Sistema de Transporte Público da cidade de Santiago), que integrou fisicamente e tarifário todos os transportes públicos urbano da cidade, operados por empresas privadas. O sistema integrado permite uma troca rápida e confortável entre metrô, trem e ônibus em um único cartão (cartão bip!), sendo ele a forma de pagamento oficial dos transportes públicos da cidade. As recargas podem ser efetuadas através dos Bips pontos e centros, além da opção de recarga remota por meios tecnológicos pelas páginas da web de bancos e Web Pay. Alguns estabelecimentos comerciais que, além de prestarem os serviços da sua ordem de pagamento, também estão associados ao bip! São diversos tipos de empresas afiliadas e se distribuem por toda Santiago.

A Infraestrutura Rodoviária de Transporte Público considera vias exclusivas, faixas exclusivas para ônibus e vias segregadas, que buscam garantir a redução dos tempos de deslocamento e melhorar a regularidade dos serviços e o desempenho dos ônibus, que é composto por seis empresas concessionárias participantes: Subus Chile S.A, Buses Vule S.A, MetBus S.A, Redbus Urbano S.A, Express de Santiago Uno S.A e Servicio de Transporte de Personas.

As Operadoras de uso de Rodovias são aquelas empresas que prestam serviços de Transporte Público por ônibus, em regime de concessão de uso de rodovias ou modalidades de regulamentação semelhantes. Os serviços prestados por estas empresas são regulados

pelo Ministério dos Transportes e Telecomunicações através da Secretaria Executiva da DTPM, que administra os seus contratos de concessão ou instrumentos equivalentes.

2.3 BRT Rio

Os participantes do arranjo institucional do sistema de transporte rápido por ônibus no Rio de Janeiro estão sintetizados na figura a seguir.

Figura 1: Participantes do BRT Rio.

Uma característica bem peculiar do BRT Rio é o protagonismo dos agentes privados em todas as etapas do serviço, desde o planejamento até o controle de parte de suas atividades. Além dos 3,5 milhões de usuários do sistema[1], o arranjo institucional do BRT Rio é formado por entidades da esfera pública e privada, assemelhando-se a uma PPP analisada por Fiani (2016). Esta relação é intermediada por um processo de concessão firmado em 2010 entre o município do Rio de Janeiro, por intermédio da Secretaria Municipal do Transporte, e entidades integrantes do consórcio BRT Rio. Este processo de concessão considerou fatores históricos quanto à seleção dos participantes do sistema, valendo-se marcos contratuais anteriores, relacionados à concessão de serviços públicos de transporte coletivo convencionais. O que resultou, portanto, em maior assimetria e concentração de competências em um seleto grupo de empresas da esfera privada que atuava previamente no setor, como se poderá ver a seguir. A entidade central ao arranjo do BRT Rio, a Concessão BRT Rio, é o grupo de dezessete empresas de transporte rodoviário de passageiros[2]. Ela é a responsável pela exploração econômica da prestação de serviços de transporte do sistema Bus Rapid Transit (BRT).

À guisa de exemplo, o mesmo edital exigia a implementação de um Centro de Controle Operacional (CCO), o que difere o BRT Rio de outros sistemas de transporte rápido. Este ponto se contrapõe a temas propostos anteriormente pela Teoria dos Custos

1 Disponível em http://brtdata.org/location/latin_america/brazil/rio_de_janeiro. Acesso em 2 dez. 2020

2 Maiores informações disponíveis em: http://cnpj.info/16566504000103; http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/7268770/4198697/AcordoOperacionalBRT1.pdf. Acesso em 2 dez. 2020.

de Transação, que ressalta relação entre assimetria da informação e oportunismo na gestão de ativos específicos. Portanto, isto é feito pela posse e operação do braço de controle do sistema, o Centro de Controle Operacional (CCO) do BRT Rio e, além do gerenciamento operacional e financeiro, é responsável por outras atividades essenciais ao sistema. Entre elas a manutenção, melhoria e gestão de veículos e terminais; gestão da segurança; prestação de serviços de limpeza; e controle e manutenção dos sistemas de computadores e servidores determinantes para a operação.

A coincidência de competências também recai sobre outra entidade da esfera privada, a Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro (Fetranspor). Uma vez que ela explora economicamente serviços vinculados ao RioCard, cartão inteligente que permite o pagamento de trechos no BRT e outros meios de transporte municipais, por meio do controle das empresas RioPar Participações S.A. e RioCard TI. Estas empresas são responsáveis por: administrar, emitir cartões pré- pagos e gerenciar o pagamento de tarifas e administrar sistemas de TI dos meios de pagamento de tarifas, respectivamente[3]. No tocante à esfera pública, existe a Secretaria Municipal de Transportes, órgão da gestão do Município do Rio de Janeiro responsável pelos projetos de melhoria da qualidade dos transportes a públicos de passageiros, com o objetivo de promover mais segurança e conforto no Sistema de Transporte Público Local (STPL). Ela também foi o intermediador do processo concessório do BRT Rio. Sua principal competência ligada ao sistema BRT Rio é de regulamentação e estabelecimento de padrões de qualidade[4].

Outro órgão municipal presente neste arranjo institucional é a Coordenadoria Geral de Obras (CGO), entidade que interveio na constituição do sistema BRT Rio. Ao CGO compete o planejamento e fiscalização das obras referentes à instituição de infraestrutura viária; assim como a execução de obras de urbanização e promoção de mobilidade de grande porte.

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo buscou demonstrar as diferentes estruturas de governança oriundas dos distintos arranjos institucionais adotados pela Red Metroppolitana de Movilidad e pelo BRT Rio, valendo-se do arcabouço teórico da Teoria dos Custos de Transação. Nesse sentido, percebe-se a adoção, por parte da DTPM, de uma estrutura híbrida mais inclinada para a hierarquia, estruturando sob a esfera pública boa parte das atribuições do sistema de transporte, desde o planejamento até o controle, passando pelas ordens operacionais que devem ser executadas pelos operadores de transporte.

---

3 Maiores informações disponíveis em https://www.fetranspor.com.br/transparencia/divulgacao- indicadores/ e em http://www.riopar.com.br/empresas-do-grupo/. Acesso em 2 dez. 2020

4 Maiores informações disponíveis em http://www.pcrj.rj.gov.br/web/smtr/principal;jsessionid=891FF-598607343528C57A448521A16FE.liferay- inst50; http://www.pcrj.rj.gov.br/web/smtr/conheca-a-secretaria. Acesso em 2 dez. 2020.

Tem-se, desse modo, a indicação de que o governo chileno entre que há muitos custos de transação envolvidos, dada a complexidade do serviço, bem como da incidência de ativos específicos (e.g. ônibus articulados ou o cartão bip!) e da possibilidade de ocorrência de comportamentos oportunistas por parte dos agentes privados. Diante desse quadro institucional, a DTPM organizou uma estrutura organizacional que ficasse responsável por boa parte das atividades de gestão, não-operacionais, do sistema, evitando assim a assimetria de informações, uma vez que, ao contrário, as controla, consolida e dissemina entre os participantes do sistema. De modo oposto, o BRT Rio foi organizado tendo a esfera privada como central no planejamento, gestão e operação do sistema. Por fatores históricos já abordados, a Secretaria Municipal de Transportes do Rio de Janeiro adotou uma estrutura de governança mais próxima do mercado, contratando boa parte dos serviços seja do Consórcio BRT Rio, seja da Fetranspor – que a DTPM decidiu por internalizar. Em sendo assim, sob a ótica dos custos de transação, tem-se que a governo da cidade do Rio de Janeiro teve uma percepção menor da possibilidade de ocorrência de informação assimétrica e, por conseguinte, de oportunismo na relação histórica que mantém com os atuais concessionários de ônibus, o que representaria um aumento na frequência de transações, trazendo maior confiança e menor percepção de riscos.

Para analisar a efetividade dos sistemas de transporte, a título de pesquisa futura, é interessante analisar os indicadores de desempenho de ambos, de modo a verificar como estruturas de governança e arranjos institucionais distintos podem refletir em indicadores como remuneração por passageiro transportado, satisfação do usuário e necessidade de aportes públicos para a viabilidade econômica dos sistemas.

REFERÊNCIAS

COASE, R. H. **The nature of the firm.** Economica, v. 4, n. 16, p. 386-405, 1937.

DIRECTORIO DE TRANSPORTE PÚBLICO METROPOLITANO (DTPM). **Sistema de Transporte Público Metropolitano (STPM).** Disponível em http://www.dtpm.cl/index.php/sistema-transporte-publico- santiago/datos-y-servicios. Acesso em 2 dez. 2020.

FIANI, R. O problema dos custos de transação em parcerias público-privadas em infraestrutura. **Texto para Discussão 2261**. 50 p. Rio de Janeiro: IPEA, dez. 2016.

FERREIRA, D. Q. G. A participação estatal e a viabilização de financiamentos a BRTs: estudo de casos.

Revista do BNDES, 117 p., jun. 2015.

RIO DE JANEIRO (RJ). Cidade do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: < http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4800832/4128521/EDITAL.pdf> Acesso em: 24 de setembro de 2020.

RIOPAR. Empresas do Grupo, Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.riopar.com.br/empresas-do-grupo/. Acesso em: 24 de setembro de 2020.

WILLIAMSON, O. **Markets and Hierarchies:** Analysis and Antitrust Implications. New York: Free Press, 1975.

WILLIAMSON, O. **The Economic Institutions of Capitalism.** New York: Free Press, 1985.

NORTH, D. **Structure and Change in Economic History**. New York: W.W. Norton & Company, 1981.

CAPÍTULO 6

CARACTERIZACIÓN Y MODELACIÓN DE VIAJES EN POLOS UNIVERSITARIOS. PATRÓN ESPECIAL DE VIAJES EN MOTOVEHÍCULOS. LA RIOJA, ARGENTINA

Data de aceite: 10/01/2022

Violeta Silvia Irene Depiante
Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Córdoba - Argentina

Patricia Mónica Maldonado
Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Córdoba - Argentina

Jorge José Galarraga
Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Córdoba - Argentina

RESUMEN: El campus de la Universidad Nacional de La Rioja (UNLaR) es un polo de generación de viajes que presenta ciertas particularidades como una elevada participación de motovehículos en la distribución modal y la coexistencia de universidad y colegio secundario en el mismo predio. Se presenta una caracterización del patrón de viajes, evaluando el impacto que sus actividades producen sobre la generación y la distribución modal basados en encuestas y censos de tránsito. Empleando datos de generación de viajes de otras universidades argentinas se calibran modelos de generación para viajes diarios de personas en todos los modos, en forma conjunta y desagregada. El aporte específico consiste en la disponibilidad de tasas medias y un modelo de generación de viajes en motovehículos en polos educativos universitarios.

PALABRAS CLAVE: Motovehículos-Generación-Polos universitarios.

MOTORCYCLE TRIP GENERATION MODEL - LA RIOJA NATIONAL UNIVERSITY CASE STUDY, ARGENTINA

ABSTRACT: The National University of La Rioja (UNLaR) Campus generates and attracts many trips. Its particularity is the extremely high modal share for motorcycles and the coexistence of university and high school on the same site. This paper presents a characterization of travel patterns in the UNLaR, using surveys and traffic studies to assess its activities impacts on trip generation. Using generation data from other universities in Argentina, generation models are calibrated for daily person trips in all modes, in a joint and disaggregated way. The specific contribution relies on motorcycles trip generation rates and models at universities.

KEYWORDS: Motorcycles-Trip Generation-Educational hubs.

1 I INTRODUCCIÓN

Los Polos Generadores de Viajes (PGVs) son centros de gran porte que atraen o producen una gran cantidad de viajes. Generan volúmenes de demanda de viajes causando un fuerte impacto sobre el sistema de transporte y la movilidad de las personas (Leighton, 2001). Estas concentraciones impactan tanto en el entorno inmediato como en la estructura urbana y en ciertos casos afectan la accesibilidad de

toda la región (CET, 1983).

El parque de motovehículos en América Latina ha ido creciendo de manera acelerada (Rodriguez et al., 2015). Este crecimiento también ocurre en muchas ciudades argentinas. La ciudad de La Rioja, con una población de 180.219 habitantes (2010), se caracteriza por la dependencia del transporte individual. El motovehículo constituye el primer tipo de vehículo con un parque activo de 71 mil unidades. La ciudad concentra el 54,3% de la población de la provincia y el 77,5% de motovehículos. La relación *auto/moto* de 0,85, confirma la dominancia del vehículo menor sobre el mayor, pudiendo afirmarse que 4 de cada 10 personas poseen una moto (Maldonado *et al*., 2015) constituyendo la ciudad en motodependiente (Van, 2013). Esta fuerte participación del transporte individual ya sea en automóvil o motovehículo, según las posibilidades de acceso y uso, genera (1) dificultades para consolidar una oferta de transporte público y (2) dudas sobre la sustentabilidad a largo plazo de un modelo de movilidad basado en el vehículo privado con problemas asociados de congestión, estacionamiento y seguridad vial (Depiante et al., 2016a, 2016b).

El campus de la Universidad Nacional de La Rioja (UNLaR) se encuentra al suroeste de la ciudad en un área de 24,3 has y una superficie cubierta del orden de 69.000m^2. Concentra múltiples actividades configurando un nodo polifuncional de alcance urbano-regional de gran impacto en la estructura urbana (Maldonado et al, 2014). La presencia de motovehículos es elevada así como en la ciudad y genera patrones de viajes diferenciados respecto a otras realidades.

2 | REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La metodología para el estudio del patrón de viajes de PGVs depende del tipo de establecimiento. Si el polo es educativo, depende del nivel de enseñanza ofrecido, carácter público o privado, categoría de la institución, localización, acceso al sistema de transporte, disponibilidad de infraestructura y espacio de estacionamiento. Son escasos los antecedentes sobre generación de viajes en centros universitarios (ITE, 2012; Ferreira de Souza et al., 2006; Portugal, 2012).

La más difundida referencia internacional en Argentina es el manual de Trip Generation Handbook (ITE, 2012). En centros universitarios, la matrícula de alumnos parece ser una base más consistente para establecer tasas de generación que las superficies cubiertas o el número de espacios de estacionamiento. Las tasas se refieren solamente a autos. No existen referencias en el manual a tasas de generación de viajes en motovehículos, ni a pie ni en transporte público.

Un estudio sobre trece instituciones de educación de nivel universitario realizado en la ciudad de Córdoba (Portugal, 2012) presenta viajes de personas y distribución modal en un día laborable donde se consignan entre otros los porcentajes de viajes en motovehículos. No se diferencia conductor o pasajero del motovehículo. La variable relevante explicativa

es el número de alumnos matriculados (Galarraga et al., 2007; Herz et al., 2009).

3 | METODOLOGÍA

En base a recomendaciones citadas en las referencias de polos educativos de características similares y al antecedente de estudios preliminares en el sitio (Maldonado et al., 2014, 2015), se decidió abordar el estudio en dos líneas.
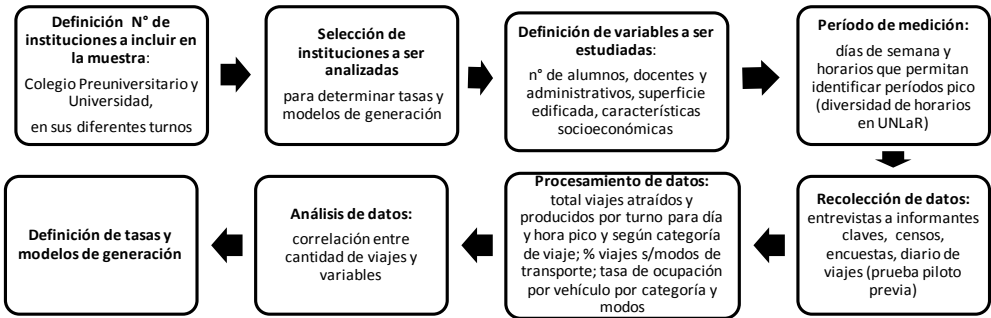
Figura 1: Esquema metodológico UNLaR. Elaboración propia en base a ITE, Jacques *et al.*
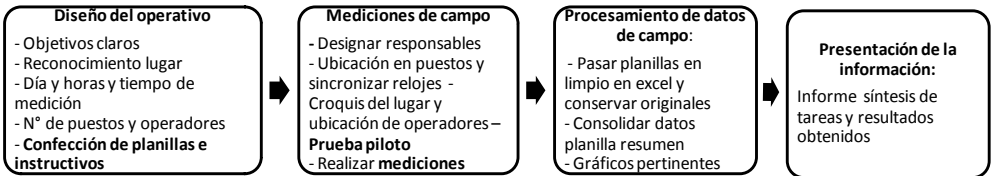
Figura 2: Metodología operativo relevamiento. Elaboración propia en base a experiencia UNC.

La primera a los fines de identificar las características de los viajes, estimar tasas y definir modelos de generación de viajes que reflejen la situación en el polo. Luego, su impacto en la red aledaña a través del estudio del tránsito en la rotonda de ingreso. Según la bibliografía vg. metodologías ITE (Jacques et al., 2009), experiencias foráneas (Portugal, 2012) y características particulares observadas en el PGVs UNLaR, se definió una metodología para el estudio de peatones y tránsito vehicular en ingresos al campus universitario (Figuras 1 y 2).

4 | RELEVAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE LOS VIAJES

El campus de la UNLaR es un predio cerrado con dos accesos habilitados (el principal con una pequeña rotonda) en donde se realizaron censos de volumen y composición de tránsito (manuales y video filmaciones). Las mediciones se realizaron el viernes 12 de junio de 2015 en tres períodos de dos horas 7:30 a 9:30 hs, de 12:30 a 14:30 y de 18:00 a 20:00

hs, totalizando seis horas, para obtener características sobre las personas (estudiante, docente u otro) y sobre el viaje (medio utilizado y alternativo, origen del viaje para personas que ingresan al polo o destino del viaje para los que egresan). Se incluyeron: (a) censos peatonales: conteo visual de todas las personas que ingresan y egresan del campus, (b) censo de volumen y composición vehicular: conteo visual de los vehículos que entran y salen según tipo (automóvil, moto, taxi, bicicleta, otro), así como la cantidad de personas por vehículo (grado de ocupación), (c) encuestas a personas que ingresan o egresan a pie, próximos a los puestos principales y a personas en inmediaciones a estacionamientos.

Figura 3. Fotograma en rotonda de ingreso UNLaR, 2015.

En forma complementaria, mediante el uso de un nuevo recurso tecnológico (dron), se efectuaron video filmaciones para la identificación de los movimientos existentes en la rotonda de ingreso, Figura 3. Los vuelos fueron realizados el 25/09/2015 a las 8:19 y a las 13:55hs. y el 06/11/2015 a las 20:10hs. La ventaja fue recolección de datos en forma simultánea en todos los accesos, censos de volumen y composición de ingresos y egresos, orígenes y destinos a partir del seguimiento de cada vehículo, movimientos de giro, volúmenes peatonales y también datos de tránsito sobre las calles. Estos registros permitieron realizar observaciones de características de la circulación vehicular y peatonal en la red vial (Maldonado et al., 2016) y validación de datos.

Todo el operativo permitió realizar una evaluación del patrón de viajes. Las Tablas 1 y 2 presentan los resultados de los censos de volumen y composición vehicular en los distintos períodos y muestran que el pico de vehículos se produjo en el primer período de la mañana (2208). Existe un elevado porcentaje de motos en general superando incluso al de los autos en la última hora. Los grados de ocupación promedio de automóviles y motos observados resultaron de 1,70 (total de la muestra 2608) para los autos y 1,40 (total de la muestra 2718) para motovehículos siendo de 1,60 para taxis, de 1,10 para bicicletas y 1,90 el resto (combis y otros). En lo concerniente a movimiento de peatones, Tabla 3, el 56% del

movimiento peatonal se realiza por la tarde entre las 18:00 y las 20:00hs

Período Inicio	Período Fin	Total ingresos	%	Total egresos	%	Total ingresos y egresos
07:30	8:30	913	61	590	39	1503
08:30	9:30	491	70	214	30	705
12:30	13:30	345	40	528	60	873
13:30	14:30	551	50	549	50	1100
18:00	19:00	524	48	562	52	1086
19:00	20:00	398	44	505	56	903
Total		3222		2948		6170

Tabla 1: Volúmenes y porcentajes vehiculares de ingresos y egresos al polo.

Con respecto a las encuestas, de 825 personas encuestadas que respondieron respecto de sus viajes de ingreso y egreso al polo, el 42% fueron hombres, el 77% estudiantes universitarios y el 12% estudiantes de secundaria (a los fines de una diferenciación del comportamiento de la demanda de viajes del polo educativo en este nivel, se considera que la cantidad encuestada fue relativamente escasa).

Hora Inicio	Hora Fin	Autos	Motos	Taxi	Bici	Otro	Total vehículos
7:30	8:30	59	32	7	1	1	1503
8:30	9:30	50	40	8	1	0	705
12:30	13:30	49	45	3	1	2	873
13:30	14:30	51	42	5	1	1	1100
18:00	19:00	50	43	3	3	1	1086
19:00	20:00	45	50	3	1	0	903
Promedio		52	41	5	1	1	6170

Tabla 2: Participación vehicular por tipo de vehículo en ingresos y egresos (en porcentajes) y volumen total (en vehículos) por período.

Período Inicio	Período Fin	Total ingresos	Total egresos	Total peatones	Total egresos	Total peatones
07:30	8:30	540	54	594	2%	11%
08:30	9:30	382	160	542	14%	10%
12:30	13:30	221	488	709	19%	13%
13:30	14:30	329	198	527	8%	10%
18:00	19:00	824	837	1661	32%	31%
19:00	20:00	439	877	1316	34%	25%
Total		2735	2614	5349	100%	100%

Tabla 3: Volumen de ingresos y egresos y porcentajes totales de peatones.

En la partición modal, Tabla 4, se observa que el primer lugar lo ocupa la modalidad a pie (43,2%) que proviene, principalmente de barrios colindantes, le sigue el transporte público (28,5%). Por otra parte, Tabla 5, casi la mitad de las personas no disponen o no consideran otra alternativa para acceder a la Universidad. Es notable la dependencia del vehículo particular. Según las encuestas el 61% utiliza el ingreso al polo por la rotonda.

Auto	Moto	Pie	Ómnibus	Otro	Total viajes encuestados
230	205	695	458	20	1608
14,3%	12,7%	43,2%	28,5%	1,2%	

Tabla 4: Participación modal de viajes generados por el campus universitario según encuestas.

Ninguno	Auto	Moto	Taxi	A Pie	Bici	Ómnibus	Total respuestas
373	86	76	7	73	18	164	797
46,8%	10,8%	9,5%	0,9%	9,2%	2,3%	20,6%	

Tabla 5. Modos alternativos de viajes según encuestas.

Las filmaciones obtenidas a partir de los vuelos del dron permitieron cuantificar la participación de los motovehículos en la corriente vehicular que resultó del orden del 40%, Tabla 6. El volumen horario de los dos primeros períodos resultó del orden de 2200 cada uno y de 2670 en el último. La Tabla 7 presenta volúmenes vehiculares de ingresos y egresos en el acceso de la rotonda. El acceso Oeste de la rotonda corresponde al ingreso a la UNLaR desde la avenida aledaña Luis de la Fuente (acceso Norte). El pico sobre la avenida aledaña, a la noche, no coincide con el pico de ingreso/egreso de la mañana.

Hora de inicio	Período min	Autos y camionetas %	Motos %	Colectivos %	Bicis %	Combi %
08:19	10	56	39	3	1	1
13:55	14	53	43	3	0	1
20:10	14	55	41	3	0	0

Tabla 6: Composición vehicular agrupando todas las ramas de la rotonda, entradas y salidas.

Horarios	Este	Sur	Oeste	Norte
08:19	84 (97)	81 (98)	36 (83)	177 (100)
13:55	116 (102)	116 (188)	71 (82)	215 (168)
20:10	130 (125)	172 (164)	60 (36)	182 (219)

Tabla 7: Volúmenes vehiculares de ingreso (egreso) por acceso y horario.

5 I TASAS Y MODELOS DE GENERACIÓN

Basados en los datos de instituciones argentinas de nivel universitario (Portugal, 2012), se incorporaron a los datos de universidades en la ciudad de Córdoba, los del polo universitario ubicado en la ciudad de La Rioja totalizando catorce instituciones en el estudio. Se ajustaron estadísticamente modelos de generación de viajes de personas por día vs. alumnos matriculados activos.

Nº	Establec	Viajes	AC	Bus	A pie	AA	Taxi	Moto	Bici	Activos
1	ARQCE	4392	1,9	36,2	35,7	16,4	9,4	0,5	0	3431
2	DEREC	11376	5,4	45	33,8	12,9	2,1	0,8	0	9832
3	ARQCU	7212	5,4	36,3	31,7	11,3	15,4	0	0	5147
4	AGRON	3342	13,2	38	27,8	9	8,1	1,3	2,6	3158
5	ECON	26096	7,7	51	35,8	0,9	1,1	2,6	0,9	16610
6	CEFyN	5976	19	34,5	30,5	4,5	0,5	4,5	6,5	5823
7	C. INF	6720	3,7	53,4	33,3	6,8	0,9	0,5	1,4	5374
8	C. QUIM	3496	6,6	51,6	29,9	6,6	3,3	1,2	0,8	2970
9	LENGUA	5472	4,3	48,3	29,1	15,8	2,1	0	0,4	4705
10	ODON	5200	15,5	44,5	15,5	14	9,5	1	0	4289
11	FAMAF	3144	20,2	36,5	31,6	3,4	2,7	1,1	4,6	1382
12	UTN	18494	19,1	40,7	29,7	2,5	3,3	2,2	2,5	10503
13	UCC	9062	35,1	45,6	0	17,1	0,8	0,6	0,8	5200
14	UNLaR[(a)]	22500	9,2	28,5	43,2	5,1	0,8	12,7	0,4	18220

Tabla 8: Viajes diarios de personas (en cantidad), elección modal para un día laborable (en porcentaje) y alumnos activos (en cantidad). Nota: AC: auto conductor. AA: auto acompañante.

Fuente: Elaboración en base a Portugal (2012). Se incorpora (a), datos de elaboración propia.

Los datos consignados en la Tabla 8 corresponden a las ciudades de Córdoba y La Rioja. Se calibraron cinco tipos de modelos de viajes diarios: (1) para la totalidad de los viajes, considerando todas las modalidades en conjunto, (2) para los viajes en medios motorizados individuales, considerando las modalidades de auto conductor, taxi y motovehículos, (3) para los viajes en medios motorizados masivos, considerando la modalidad de ómnibus, (4) para los viajes en medios no motorizados, considerando las modalidades en bicicleta y a pie (5) para los viajes en medio motorizado considerando sólo motovehículos. Se considera viaje tanto al de entrada como al de salida del centro universitario, es decir que una persona al ir y volver genera dos viajes.

La elección modal varía de manera importante según el centro universitario, en particular con respecto al resto de viajes en automóvil y caminando en la UCC y la participación de motovehículos en la UNLaR. Las estimaciones de los modelos de generación a estos casos están alejadas de la realidad, subestimando los viajes en auto y

sobreestimando los viajes caminando en el caso de la UCC y subestimando la generación de viajes en motovehículos en la UNLaR. La expansión al día completo en UNLaR arrojó un total de 22500 viajes.

Se utilizaron dos variables de control para considerar las situaciones particulares de variabilidad en la distribución modal en el establecimiento alejado del centro y la elevada presencia de motovehículos en la UNLaR. Se calibraron tres tipos diferentes de modelos: (1) considerando una sola variable explicativa (matrícula activa), regresión simple; (2) considerando además otra variable ficticia que contempla establecimientos alejados del centro, regresión múltiple y (3) considerando además una variable ficticia que considera elevado porcentaje de motovehículos, regresión múltiple. Se ajustó un modelo considerando a todos los centros universitarios en una única categoría, con una única variable independiente (X1), el número de estudiantes matriculados activos. Y los otros dos modelos con dos variables independientes: (1) el número de estudiantes matriculados activos (X1) y (2) una variable ficticia (X2) que contempla distancia al centro superior a 5 km y variable ficticia (X3) que contempla porcentaje de motovehículos superior al 10%.

Modelo 1. $Y = a + bX_1$

Modelo 2. $Y = a + bX_1 + cX_2$

Modelo 3: $Y = a + bX_1 + cX_3$

donde las variables son:

Y: número de viajes diarios de personas

X_1: número de alumnos matriculados activos

X_2: nula si la distancia al centro es inferior a 5km, uno si es superior

X_3: nula si porcentaje motovehículos es inferior al 10%, uno si es mayor

5.1 Modelos para la totalidad de los viajes diarios

Se ajustó un tipo de modelo considerando a todos los centros universitarios en una única categoría, con una única variable independiente (X1), número de estudiantes matriculados activos Modelo 1. La Tabla 9 resume los resultados obtenidos para los trece centros (Portugal, 2012) y para los catorce de este estudio. Puede advertirse que el modelo predice 1,6 viajes por día por cada alumno matriculado, debiendo deducir del total 1224 viajes, es decir que en promedio los alumnos no viajan todos los días. Para el caso de los 14 establecimientos educacionales, el modelo predice 1,4 viajes por día para cada alumno activo, debiendo deducir del total 297 viajes, similar al de sólo Córdoba.

Cantidad de instituciones	Coeficiente a		Coeficiente b		R^2
	Valor	Estad. t	Valor	Estad t	
13	- 1224	- 1,37	1,61	13,0	0,94
14	-297,3	-0,29	1,41	11,9	0,93

Tabla 9: *Modelo 1* para viajes diarios por todas las modalidades.

5.2 Modelos para los viajes diarios en medios motorizados individuales

Los medios motorizados individuales incluyen auto conductor, auto acompañante, taxi y motovehículos. Corresponde aquí señalar que en todos los casos el porcentaje de utilización de motos es relativamente pequeño excepto en el caso de UNLaR. El uso de taxis puede ser relevante para los establecimientos ubicados cercanos al centro de la ciudad, pero no llega al uno por ciento en el caso del UNLaR. Los viajes en modos motorizados pueden luego convertirse en viajes de vehículos con grados de ocupación media de los mismos o utilizar directamente los modelos propuestos para viajes vehiculares.

Cantidad de instituciones	Coeficiente a		Coeficiente b		R^2
	Valor	Estad. t	Valor	Estad t	
13	917	1,31	0,20	2,14	0,32
14	447	0,26	0,29	3,86	0,57

Tabla 10: *Modelo 1* para viajes diarios por medios motorizados individuales.

En este caso la incorporación del polo UNLaR permite una estimación más ajustada de viajes diarios por medios motorizados individuales por el Modelo 1 (Portugal, 2012), Tabla 10, sin la incorporación de la variable ficticia para considerar la distancia del centro al polo. La incorporación de la nueva institución mejora los parámetros de ajuste. No obstante, se consideró el modelo 2 con la variable X2, Tabla 11, para una estimación más ajustada.

	a		b		c		
Cantidad de instituciones	Valor	Estad t	Valor	Estad t	Valor	Estad t	R^2
13 con X_2	544,2	1,060	0,22	3,23	3173	3,24	0,68
14 con X_2	68,75	0,124	0,32	5,12	3143	2,71	0,76

Tabla 11: *Modelo 2* para viajes diarios por medios motorizados individuales con dos variables explicativas (X_1 y X_2).

Considerando el uso de dos variables explicativas del segundo modelo resulta un mejor ajuste obteniendo un mejor coeficiente de determinación R^2 y un estadístico t significativo para la variable ficticia. Este resultado se puede considerar previsible debido al mayor uso del vehículo individual en el caso de que el establecimiento se encuentre alejado del centro de la ciudad.

5.3 Modelos para los viajes diarios en medios motorizados masivos

Los medios motorizados masivos corresponden a ómnibus regulares de línea o servicios especiales al polo en el caso de los datos provistos en Portugal (2012). Al introducir el nuevo establecimiento el ajuste del modelo se ve modificado probablemente

debido a la falta de uso del servicio dada la opción de elección en motovehículos que existe en la ciudad de La Rioja y la precariedad de este (Maldonado, 2016), Tabla 12.

Dado que se observa una disminución en el ajuste para el caso de incorporación de todos los establecimientos se incorpora la variable X3 porque la elevada participación de motovehículos en la distribución modal es en desmedro del uso del transporte público según se mencionó. El modelo de dos variables explicativas (con X3) resulta en un muy buen ajuste (no así X2), Tabla 13, con un coeficiente de determinación similar a Portugal (2012).

Cantidad de instituciones	Coeficiente a		Coeficiente b		R^2
	Valor	Estad t	Valor	Estad t	
13	-1024	-1,98	0,80	11,47	0,93
14	176	0,19	0,55	5,44	0,73

Tabla 12: *Modelo 1* para viajes diarios por medios motorizados masivos.

	a		b		c		
Cantidad de instituciones	Valor	Estad t	Valor	Estad t	Valor	Estad t	R^2
13 con X_2	-1154	-2,20	0,80	11,65	1107	1,11	0,93
14 con X_2	34,2	0,03	0,57	5,31	1181	0,60	0,74
14 con X_3	-1024	-1,98	0,80	11,47	-7144	-5,47	0,93

Tabla 13: *Modelo 2 y 3* para viajes diarios por medios motorizados masivos.

5.4 Modelos para los viajes diarios en medios no motorizados

Los medios no motorizados incluyen viajes peatonales y en bicicleta. Corresponde aquí señalar que casi en todos los casos el porcentaje de utilización de bicicleta es relativamente pequeño. El ajuste presenta una mejoría con la incorporación del nuevo establecimiento, Tabla 14.

Cantidad de instituciones	Coeficiente a		Coeficiente b		R^2
	Valor	Estad. t	Valor	Estad t	
13	1135	2,29	0,60	9,01	0,89
14	1108	2,59	0,60	12,29	0,93

Tabla 14: *Modelo 1* para viajes diarios no motorizados.

5.5 Tasas y Modelos para estimar viajes de automóviles

De la Tabla 8 puede advertirse que la participación porcentual de viajes de auto conductor y auto acompañante varía de modo notorio entre los centros considerados. Se

asumió que los viajes en auto pueden estimarse razonablemente a través de los porcentajes de auto conductor y taxi, este supuesto es válido en la mayoría de los casos y estaría subestimando la generación donde la modalidad de llevar a alguien fuera importante (Herz et al., 2009). La Tabla 15 muestra la cantidad de alumnos activos, viajes diarios y viajes de automóvil en los catorce centros.

Nº	Establec	Alumnos activos	Viajes diarios	Viajes en automóvil	Índice medio de generación
1	ARQCE	3431	4392	496	0,14
2	DEREC	9832	11376	853	0,09
3	ARQCU	5147	7212	1500	0,29
4	AGRON	3158	3342	712	0,23
5	ECON	16610	26096	2296	0,14
6	CEFyN	5823	5976	1165	0,20
7	C. INF	5374	6720	309	0,06
8	C. QUIM	2970	3496	346	0,12
9	LENGUA	4705	5472	350	0,07
10	ODON	4289	5200	1300	0,30
11	FAMAF	1382	3144	720	0,52
12	UTN	10503	18494	4143	0,39
13	UCC	5200	9062	3253	0,63
14	UNLaR(a)	18220	22500	6075	0,33
	Total	96644	132482	23518	0,24

Tabla 15: Datos de establecimientos e índices de generación de viajes en automóvil.

Fuente: Elaboración en base a Portugal (2012). Se incorpora (a), datos de elaboración propia.

La tasa media de generación de viajes en automóvil es de 0,24 viajes diarios por estudiante activo. La tasa media diaria de la UNLaR es de 0,33. La utilización de los 14 establecimientos mejora la estimación de viajes con una variable, también en el Modelo 2. Tablas 16 y 17.

Modelo	Coeficiente a		Coeficiente b		R^2
	Valor	Estad. t	Valor	Estad t	
13	476	0,81	0,15	1,87	0,26
14	159	0,28	0,21	3,41	0,51

Tabla 16: *Modelo 1* para viajes diarios de automóvil.

Cantidad de instituciones	a		b		c		R^2
	Valor	Estad. t	Valor	Estad t	Valor	Estad t	
13 con X_2	219	0,42	0,16	2,40	2193	2,25	0,53
14 con X_2	-103	-0,20	0,23	4,11	2173	2,09	0,66

Tabla 17: *Modelo 2* para viajes diarios de automóviles, variables explicativas (X_1 y X_2).

5.6 Tasas y Modelos para estimar viajes de motovehículos

La tasa media de generación de viajes en motovehículos de la UNLaR es de 0,16 viajes por alumno matriculado activo mientras que el promedio de todos los centros es de 0,03. En todos los casos el porcentaje de utilización de motovehículos es muy inferior al 2,6% (superado sólo por dos centros con el 4,5% y con un valor para el caso de la UNLaR muy superior del 12,7%).

Modelo	Coeficiente a		Coeficiente b		R^2
	Valor	Estad. t	Valor	Estad t	
13	-130	-2,28	0,04	5,67	0,76
14	-498	-2,06	0,12	4,29	0,63

Tabla 18: *Modelo 1* para viajes diarios de motovehículos.

Cantidad de instituciones	a		b		c		R^2
	Valor	Estad. t	Valor	Estad t	Valor	Estad t	
13 X_2	-124	-2,04	0,04	5,38	-46,2	-0,40	0,77
$14X_2$	-498	-1,87	0,12	4,05	-69	-0,13	0,63
14 X_3	-442	-2,29	0,09	3,77	908	2,7	0,78

Tabla 19: *Modelo con variable ficticia* para viajes diarios de motovehículos.

El ajuste para el caso de los establecimientos reportados en Portugal (2012) donde la presencia de motovehículos es baja arroja un R^2 de 0,76 con una variable y no se modifica considerando la variable ficticia. Para los catorce establecimientos se utilizaron dos variables explicativas dada la participación de los motovehículos (X1 y X3). Tablas 18 y 19. El modelo agrega 908 viajes más en motovehículos a la estimación sólo en el caso de que el porcentaje de viajes en este modo fuera superior al 10% y la cantidad de alumnos matriculados activos también fuera elevada (más de 10000).

5.7 Consideraciones sobre la bondad de ajuste de los modelos

Mediante el estadístico t de student puede definirse si la estimación del correspondiente coeficiente es significativamente distinta de cero con un determinado

intervalo de confianza. Para la cantidad de datos disponibles (13 o 14) y coeficientes calculados (2 o 3), con un intervalo de confianza del 95% el valor t límite resulta del orden de 1,81 y para un intervalo de confianza del 90% el valor t límite resulta del orden de 1,37. Como consecuencia la obtención de valores de t menores a los citados, no permitirían afirmar, con esos intervalos de confianza, que los coeficientes fueran significativamente distintos de cero (y por lo tanto no contribuirían a explicar la variable dependiente).

En las Tablas 9, 10, 11 y 12, 13, 16, 17 y 19 se advierten valores t de student menores a los citados previamente. Con las excepciones de las Tabla 13 y 19, en todos los otros casos, corresponden a los términos independientes de algunos de los modelos. En las Tabla 13 y 19 además se registran para la variable ficticia X2. Corresponde consignar que, en todos los casos los coeficientes de las variables X1 y X3 son significativamente diferentes de cero.

6 I CONCLUSIONES

Se puede afirmar que la UNLaR presenta una demanda continua, sostenida y patrones de viajes diferenciados respecto de otras realidades por la elevada participación de motovehículos (40%) en el flujo vehicular. Del total de las encuestas un 43% correspondió al modo a pie, el automóvil y la moto prácticamente tuvieron igual peso (13%). Considerando peatones y vehículos con su grado de ocupación promedio, el movimiento de personas es significativo, habiendo resultado la estimación de la cantidad de viajes diarios generados en el polo en 22500. Esto es lo suficientemente elocuente para poner de manifiesto la importancia que la UNLaR tiene en la región como polo generador de viajes.

En cuanto a la modelación de la generación de viajes, la utilización de datos de otras universidades argentinas permitió, combinada con la de la UNLaR, contar con características de viajes a polos universitarios de más de 132.000 viajes diarios, aportando el PGVs UNLaR del orden del 16% del total. Esta base de datos ampliada permitió la formulación de modelos de generación de viajes diarios en medios motorizados individuales, motorizados masivos y no motorizados, de viajes totales y particularmente de viajes en motovehículos. La tasa media de generación de viajes diarios totales resulta de 1,38 viajes por alumno matriculado activo. Se comprueba que la variable explicativa es la matrícula de alumnos activos en el polo universitario, como se reporta en el ITE y en Portugal. Se recomienda la utilización de una variable ficticia para un mejor ajuste por diferencias notables en características o distribuciones modales de los establecimientos universitarios, tales como la lejanía del área central o la presencia de motovehículos. El modelo de generación de motovehículos resultó bien ajustado con la variable ficticia para contemplar su elevada presencia.

El trabajo contribuye a disponer de índices y modelos de generación de viajes en motovehículos dando un puntapié inicial a esta nueva realidad en el incremento de su uso en ciudades latinoamericanas. Se recomienda continuar en la línea de trabajo para

contribuir a la planificación e implementación de políticas de gestión de la movilidad urbana sustentables.

AGRADECIMIENTOS

A los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil, Secretaría de Ciencia y Tecnología de UNLaR y SECYT UNC.

REFERENCIAS

CET. COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. **Polos Geradores de Tráfego**. Boletim Técnico da CET, n 32, p. 16-17. São Paulo, SP.,1983.

DEPIANTE, V., MALDONADO, P., PEÑA POLLASTRI, H. et al. **Motovehículos y su impacto en la movilidad en la ciudad de La Rioja.** Revista Vial, n 112, p. 16-20. Edición especial Aniversario 20 años. ISSN 0329-1146, 2016.

DEPIANTE, V.; MALDONADO, P.; PEÑA POLLASTRI J., CUELLO, J.; MACCHI L., MIRABAL, M.; GÓMEZ, L.; GARCÍA, J. **Motovehículos y su impacto en la movilidad en la ciudad de La Rioja**. En XVII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito. 24 a 28 de octubre de 2016 – Rosario, 2016.

HERZ, M.; GALARRAGA, J.; PASTOR, G. **Características de generación y distribución modal de viajes en centros educativos universitarios**. XV CLATPU-Congreso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano. Buenos Aires, Argentina, 2009.

GALARRAGA, J.; HERZ, M.; PASTOR, G. **Centros universitarios como polos generadores de viajes**. XIV Congreso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano. Río de Janeiro, Brasil, 2007.

ITE-INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS. **TRIP GENERATION, 9th Edition**, Washington, D.C., 2012.

JACQUES, M.A.P.; BERTAZZO, A.; GALARRAGA, J.; HERZ, M. **Nova Abordagem para o estudo das viagens geradas nas instituições de ensino**. Revista Transportes, v 18 n. 1, p. 76-86. Brasil, 2010.

FERREIRA DE SOUZA S. C., PRUDENCIO JACQUES M. A. **Modelos para estimativa de viagens geradas por institucoes de ensino superior**, XX ANPET, Brasilia, 2006.

LEIGHTON ESPEJO, CLAUDIA PAZ. **Estimación de tasas de generación de viajes para actividades comerciales en el AMC Área Metropolitana de Caracas. Propuesta metodológica.** Trabajo de grado no publicado, Universidad Simón Bolivar Lima Perú. Disponível em: http://redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/es/produccion/disertaciones-y-tesis/outros-anos/40- estimacion-de-tasas-de-generacion-de-viajes-para-actividades-comerciales-en-el-amcportada/file. Acessado em 28 de abril de 2015, 2001.

MALDONADO, P.; GALARRAGA, J.; DEPIANTE, V.; PEÑA POLLASTRI, H.; PETROVIC, H.; ALAMO, F.; GALLARDO, O. **Estudios de tránsito y transporte. Experiencias de relevamiento de datos.** Ciencia y Tecnología al Servicio de la Democracia: IX Jornadas de Ciencia y Tecnología. La Rioja: Eudelar. ISBN 978-987-1364-22-0, 2014

MALDONADO, P., PEÑA POLLASTRI, P., DEPIANTE, V., GALLARDO, O., PERALTA, C., GARELLA, E. **Nodo polifuncional urbano regional. Caso UNLAR en la ciudad de La Rioja.** III Jornadas Provinciales de Vinculación y Transferencia Científica y Tecnológica, 2015.

MALDONADO, P. **Movilidad y seguridad en motovehículos. Nueva realidad, nuevos desafíos en políticas públicas en la ciudad de La Rioja**. Informe Final Proyecto 31-65- 088 Convocatoria 2014 - Expte. ME. 2514/14 - RSPU Nº 4537/2014. Ministerio de Educación, Secretaría de Políticas Universitarias, Programa Universidad y Transporte. Informe Final. Universidad Nacional de La Rioja, 2016.

SOUZA BERTAZZO A. B. *et al.* **Estabelecimentos de Ensino**. *In:* Portugal L. (*org.*) **Pólos Geradores de Viagens Orientados a Qualidade de Vida e Ambiental: Modelos y taxas de geração de viagens**. Ed. Interciencia, p. 287-327, Rio de Janeiro, Brasil, 2012.

PORTUGAL, L. S. **Polos geradores de viagens orientados a qualidade de vida e ambiental: Modelos y taxas de geração de viagens**. Ed. Interciencia, Rio de Janeiro, Brasil, 2012.

RODRÍGUEZ, D., SANTANA, M., & PARDO, C. **La motocicleta en América Latina: caracterización de su uso e impactos en la movilidad en cinco ciudades de la región**. Despacio, Ed. Bogotá: CAF, 2015.

VAN, N. T., BOLTZE, M., TUAN, V. **Urban Accessibility in Motorcycle Dependent Cities – Case Study in Ho Chi Minh City**, Vietnam 13th WCTR, Rio de Janeiro, Brazil, 2013.

CAPÍTULO 7

MEDICIÓN TÉCNICA DEL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO EN UNA ESTACIÓN BASE DE TELEFONÍA MÓVIL EN COLOTLÁN JALISCO MÉXICO

Data de aceite: 10/01/2022
Data de submissão: 09/11/2021

Ana Rosa Carrillo Avila
Centro Universitario del Norte. Universidad de Guadalajara
Colotlán Jalisco, México
https://orcid.org/0000-0002-7334-0378

RESUMEN: El acceso a las nuevas tecnologías en especial a la telefonía móvil ha tenido gran influencia en la sociedad donde aún existen poblaciones con comunidades indígenas. A pesar de la difícil situación geográfica y la lejanía con zonas urbanas, en la Zona Norte de Jalisco en México se ha logrado proveer de comunicaciones inalámbricas a algunos de los distanciados pueblos. La instalación de estaciones base de telefonía móvil se ha comenzado a expandir, así que el objetivo de este estudio es proporcionar información para fortalecer la aceptación de antenas, realizando mediciones para comparar las emisiones de campos electromagnéticos por radiofrecuencia con los niveles reglamentados por organismos nacionales e internacionales respecto a la parte del espectro asignada para comunicaciones inalámbricas, concluyendo en un análisis fundamentado que reduce la preocupación por los efectos de la radiación electromagnética en el cuerpo humano de una sociedad expuesta.
PALABRAS CLAVE: Radiación no ionizante, radiofrecuencia (RF), comunicaciones móviles, estaciones base, campos electromagnéticos (EMF).

TECHNICAL MEASUREMENT OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD IN A MOBILE PHONE BASE STATION IN COLOTLÁN JALISCO MEXICO

ABSTRACT: Access to new technologies, especially mobile telephony, has had a great influence on society where there are still populations with indigenous communities. Despite the difficult geographical situation and the remoteness from urban areas, in the Northern Zone of Jalisco in Mexico it has been possible to provide wireless communications to some of the distant towns. The installation of mobile phone base stations has begun to expand, so the objective of this study is to provide information to strengthen the acceptance of antennas, performing measurements to compare the emissions of electromagnetic fields by radio frequency with the levels regulated by national and international organizations. regarding the part of the spectrum allocated for wireless communications, concluding in a substantiated analysis that reduces concern about the effects of electromagnetic radiation on the human body of an exposed society.
KEYWORDS: Non-ionizing radiation, radio frequency (RF), mobile communications, base stations, electromagnetic fields (EMF).

1 I INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones móviles se han desarrollado a grandes pasos, tanto que han

sobrepasado las predicciones respecto a su expansión, ya que en 1991 solo el 1% de los habitantes en el mundo tenía acceso a la telefonía móvil y para 2001 el 90% de los países ofrecían una red móvil, indicando que 1 de cada 6 habitantes del planeta hacía uso de éste servicio, según Salomón (2003). Así mismo GSMA (2019) en su revista electrónica publicó que a finales del 2018 existían 5.1 mil millones de personas suscritas a éste servicio y para 2025 se estima que se llegará a 5.8 mil millones de suscriptores. Las nuevas tecnologías no solo inducen al crecimiento económico, sino que para el caso de la Zona Norte del Estado de Jalisco en México, han promovido el acercamiento de las diferentes culturas y el acceso a la educación, mejorando la calidad de vida y la interacción entre grupos mestizos e indígenas logrando que las instituciones educativas actualmente soportadas en las tecnologías preparen el camino a la interculturalidad logrando una educación integral.

El presente estudio está enfocado a la comunicación inalámbrica, específicamente la telefonía móvil que lleva a cabo enlaces por medio de estaciones base las cuales trabajan con baja potencia, aun así generando la exposición del cuerpo humano a las emisiones de EMF, que deben estar muy por debajo de los índices permitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) o por la Comisión Internacional en Protección de Radiación No Ionizante (ICNIRP).

La incertidumbre sobre la exposición a la energía no ionizante genera poca aceptación a la instalación de antenas, de tal forma que se genera la siguiente pregunta: ¿Cuál es el campo electromagnético al que estamos expuestos al interactuar diariamente cerca de las estaciones base? Para lograr resolverlo se plantea el objetivo de monitorear los niveles emisión de EMF de una antena de telefonía móvil en constantes períodos de tiempo, para comparar con los niveles de emisión permitidos por los organismos internacionales y fundamentar si la exposición es de riesgo. El alcance del estudio es el monitoreo de la intensidad de campo eléctrico (E), intensidad de campo magnético (H) y la densidad de potencia (S) a dos diferentes distancias de una estación base de telefonía móvil, utilizando un medidor triaxial e isotrópico de potencia de RF. Los resultados obtenidos se comparan con los niveles permitidos realizando una conclusión positiva que satisface el objetivo del estudio.

2 | DESARROLLO

La radiación es energía que por su naturaleza viaja en forma de ondas, se produce cuando hay campos eléctricos en movimiento o por desintegración radiactiva. La radiación no ionizante es de baja energía, como el caso de las antenas que son fuentes artificiales de radiación, por lo que preocupan a la población que interactúa cercana a ellas.

Importancia de los estándares de absorción y exposición a EMF

ICNIRP propone limitaciones a la tasa de absorción específica (SAR), este concepto

relaciona la energía absorbida de acuerdo a la conductividad del campo eléctrico y la densidad del tejido vivo, siendo el SAR la potencia absorbida por unidad de masa (W/kg). Las deducciones de directrices sobre SAR han presentado diferentes discusiones, prueba de ello son las relevantes investigaciones que continuamente se exponen ante la OMS en busca de pruebas que sustenten la cantidad de radiación que es capaz de absorber cada órgano del cuerpo humano sin alterar sus funciones biológicas. Así surge el SAR promedio y el SAR local, el primero se refiere a la tasa de absorción general del cuerpo humano y el SAR local se refiere a la absorción que puede tener cada órgano o extremidad del cuerpo, incluyendo la profundidad de absorción de radiación dependiendo de su geometría, de tal modo que la absorción de los EMF se realiza por niveles en la extensión del cuerpo.

La preocupación por la emisión de radiación surge desde el inicio de las comunicaciones inalámbricas, por ello estudios antiguos como el de Chou (1996) que demuestran por medio de dosimetría el nivel de SAR en diferentes órganos del cuerpo y a diferentes profundidades sin mencionar altos riesgos de exposición, pero también concluye que es necesaria la investigación continua para no concluir en límites de exposición irrazonables. Otros artículos más recientes como el de Cruz (2009) sobre el riesgo para la salud por radiación no ionizante de las redes de telecomunicaciones, deduce que la evaluación de exposición es a nivel térmico, incluso comparados con otros medidos en Australia, Bélgica e Inglaterra. Lo anterior y otros tantos estudios publicados en el portal de la OMS no dan garantía absoluta de que la radiación no ionizante tenga un efecto irreparable en la salud, de cualquier modo continúan en desarrollo investigaciones que permiten generar límites para evitar situaciones adversas aunque sea en sus mínimos niveles.

ICNIRP (2000) expone que el SAR no es una medida acertada para evaluar la absorción de energía porque encima de 6 GHz los EMF se absorben muy superficialmente y por lo tanto la profundidad es menos relevante, para ello sugiere la densidad de potencia absorbida establecida en W/m^2. Respecto a la exposición los niveles que mencionan las directrices, son de dos tipos: la población ocupacional expuesta y el público general. La población ocupacional se refiere a individuos que toman precauciones porque conocen los riesgos debido a las condiciones de exposición; y el público general se refiere al grupo de personas de todas las edades que tienen condiciones de salud variadas y no conocen la susceptibilidad o respuesta de su cuerpo a la exposición de éste tipo de radiación.

Los niveles de referencia a la exposición se presentan en diferentes rangos de frecuencia, la unidad de medición para el campo eléctrico es el volt por cada metro (V/m) y para el campo magnético es el ampere por cada metro (A/m), ambos campos son perpendiculares entre sí y al relacionarse de manera proporcional definen la densidad de potencia, realizando el análisis dimensional resulta que $(V/m)*(A/m) = VA/m^2$ y de acuerdo a la Ley de Watt que aplica para el numerador de ésta relación se deducen las unidades de la densidad de potencia como W/m^2.

La tabla 1 muestra las restricciones básicas que emite ICNIRP para la exposición a EMF de 100 kHz a 6 GHz para intervalos promediados ≥ 6 min.

	Rango de frecuencia	SAR promedio para el cuerpo entero	SAR local (cabeza y tronco)
Exposición ocupacional	100 KHz – 6 GHz	0.4 W/kg	10 W/kg
Exposición público general	100 KHz – 6 GHz	0.08 W/kg	2 W/kg

Tabla 1. Directrices ICNIRP(2020).

La tabla 2 presenta los niveles de referencia para la exposición ocupacional y público general a campos eléctricos y magnéticos promediados durante 30 min a todo el cuerpo, tomando en cuenta que *f* es en MHz, y NA significa "no aplicable" y no es necesario tenerlo en cuenta al determinar el cumplimiento.

	Rango de frecuencia	Campo eléctrico-E (V /m)	Campo magnético-H (A/m)	Densidad de potencia (W/m²)
Exposición ocupacional	400–2000 MHz	$3f^{½}$	$0.008f^{1/2}$	f / 40
	2–300 GHz	NA	NA	50
Exposición público general	400–2000 MHz	$1.375f^{½}$	$0.0037f^{1/2}$	f / 200
	2–300 GHz	NA	NA	10

Tabla 2. Niveles de referencia a campos eléctricos y magnéticos. ICNIRP(2020).

3 I DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Se utilizó una metodología inductiva con un enfoque cuantitativo.

Para las mediciones técnicas de los campos se utilizó un medidor triaxial de RF de banda ancha capaz de monitorear la radiación de alta frecuencia en una escala de 10 MHz hasta 8 GHz, con factores de calibración en diferentes frecuencias, el instrumento tiene un sensor de medición isotrópico de tres canales que mide el campo eléctrico en la atmósfera a su alrededor con escala dinámica por lo que es muy sensible a la variación de los mismos.

Las mediciones se realizaron en campo lejano; al estar en alta frecuencia (HF) y muy alta frecuencia (VHF) las longitudes de onda se estiman arriba de los 100 mm sabiendo que $\lambda = c / f$ y que las bandas de frecuencia asignadas para acceso inalámbrico en México son 1710 – 1755 / 2110-2155 MHz y 1760-1780/ 2160-2180 MHz publicadas por el Instituto Federal de Comunicaciones (IFT) en el diario oficial de la federación el 05 de marzo de 2019. Así mismo incluye 10 MHz (1755-1760/2155-2160 MHz) de espectro radio

eléctrico disponible para los servicios de banda ancha móvil para uso comercial.

La estación base sobre la que se realizaron las mediciones está instalada a 1.6 km del centro de Colotlán, uno de los pueblos que forman la Zona Norte de Jalisco; la estación base tiene una altura del mástil de 30 metros y 3 antenas sectoriales con una cobertura máxima de 120º cada una, está en una colonia habitada que se encuentra sobre una de las zonas más altas, la estación fue colocada para dar cobertura a la zona sur de Colotlán. El primer monitoreo se tomó en un espacio al aire libre frente a las viviendas que rodean la estación, a una distancia de 60 metros de la base de la antena. El segundo monitoreo se realizó desde un hospital que se encuentra a 600 metros de la estación base. Para ambas distancias el medidor se calibró a 2100 MHz debido a que la antena base trabaja con un enlace descendente de 2120 MHz.

La evaluación se realizó con valores promedio, es decir, con la media de los valores instantáneos que detecta el sensor, en el tiempo correspondiente a 30 segundos durante 6 minutos de exposición.

Mediciones

Se deduce la longitud de onda porque el medidor utilizado propone que para el campo lejano se consideren más de tres longitudes de onda.

$$\lambda = c / f$$

Donde:

c = 299 792 458 m/s (velocidad de la luz)

f = 2100 MHz (frecuencia calibrada en el instrumento de medición)

λ = longitud de onda

Sustituyendo los valores se obtiene:

$$\lambda = \frac{299\,792\,458 \text{ m/s}}{2100 \text{ MHz}} \approx 0.143 \text{ m}$$

Así, la longitud de onda con la que estamos trabajando toma un valor aproximado de 14.3 cm.

Los resultados se pueden ver alterados en pequeña proporción porque las mediciones se realizaron cerca de espacios habitados, donde hay otras fuentes de radiación aún en bajas frecuencias.

Se realizaron 3 diferentes mediciones para cada distancia y frecuencia para comparar el estado de las oscilaciones y se verificó que sus rangos de variación eran muy semejantes, resaltando que el campo eléctrico aumentaba un poco cuando la radiación solar incidía sobre el sensor, por lo que se decidió medir en sombra.

La tabla 3 muestra las mediciones obtenidas a la frecuencia de 2100 MHz a dos diferentes distancias, el monitoreo se registra cada 30 segundos durante 6 minutos de exposición. De acuerdo a las tablas de datos se determinó la densidad de potencia con

el modelo matemático S = EH proporcionado en los parámetros fundamentales de las antenas por García (2010).

2100MHz a 60 m de la antena					2100MHz a 600 m de la antena			
t(s)	**mV/m**	**mA/m**	**S=EH $\mu W/m^2$**		**t(s)**	**mV/m**	**mA/m**	**S=EH $\mu W/m^2$**
30	146.7	0.400	58.7		**30**	4.8	0.0127	0.061
60	146.2	0.349	51.1		**60**	4.7	0.0127	0.060
90	127.8	0.407	52		**90**	5.3	0.0151	0.080
120	169.4	0.380	64.4		**120**	4.6	0.0116	0.053
150	135.2	0.351	47.5		**150**	6.4	0.0167	0.107
180	130.8	0.355	46.5		**180**	4.8	0.0127	0.061
210	130.5	0.339	44.2		**210**	4.6	0.0122	0.056
240	120.2	0.338	40.7		**240**	4.2	0.0116	0.049
270	155.6	0.353	54.9		**270**	4.4	0.0122	0.054
300	131.9	0.359	47.3		**300**	4.8	0.0127	0.061
330	136	0.391	53.2		**330**	4.8	0.0122	0.058
360	131.9	0.329	43.5		**360**	4.8	0.0127	0.061

Tabla 3. Mediciones a la frecuencia de 2100 MHz (fuente propia).

4 I RESUMEN DE RESULTADOS

La evaluación de resultados indica que los niveles de intensidad de campo eléctrico (mV/m) fueron más altos a distancias más cercanas a la antena, y de igual manera la intensidad de campo magnético (mA/m) también aumenta con la cercanía a la fuente de radiación.

La densidad de potencia que presentó los más bajos niveles y de forma constante fue a larga distancia.

En seguida se presenta la comparación de los dos momentos de la medición, contiene el conjunto de datos representado por dos variables en cada gráfica, la variable común es el tiempo, medido en segundos. El siguiente análisis gráfico es una forma muy común de observar la dispersión de datos temporales.

En la figura 1 es evidente que el campo eléctrico es más alto a menor distancia de la antena.
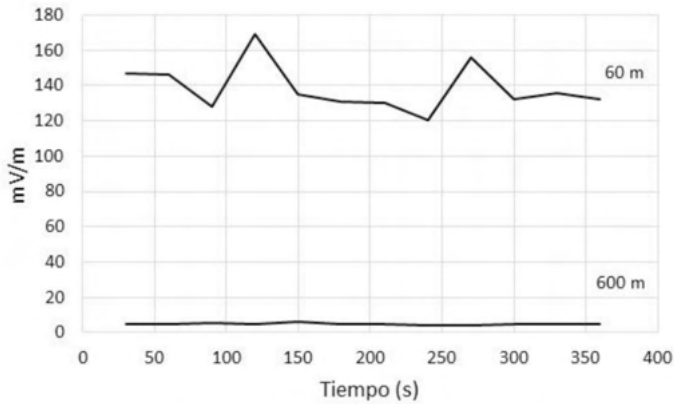
Figura 1. Variación de E para dos diferentes distancias (fuente propia).

En la figura 2 las variaciones del campo magnético son cada vez más pequeñas entre más grande es la distancia a la antena.
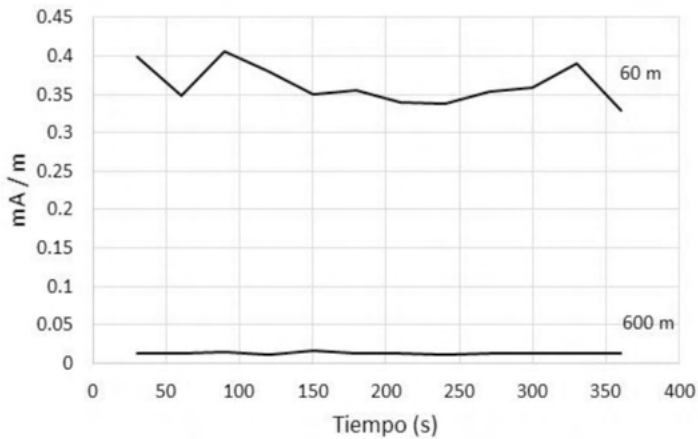
Figura 2. Variación de H para dos diferentes distancias (fuente propia).

La figura 3 es una proporción directa de ambos campos, el medidor detecta las constantes fluctuaciones a distancias más cortas.
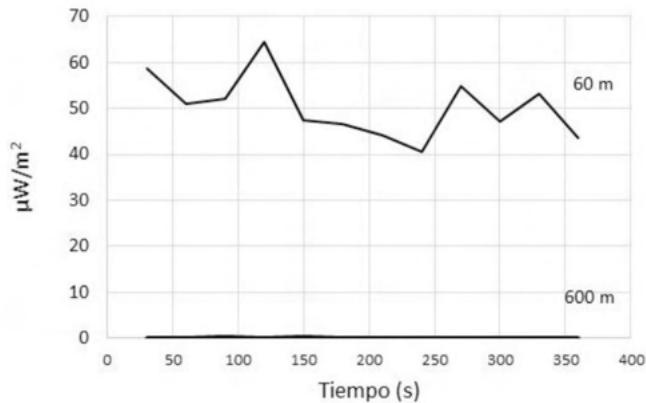
Figura 3. Variación de S para dos diferentes distancias (fuente propia).

5 I CONCLUSIONES

Ubicando el presente estudio en los niveles de referencia del público en general y comparando las directrices de ICNIRP presentadas en la tabla 2, indican que el campo eléctrico (E) y el magnético (H) en la frecuencia de 2100 MHz es un valor mínimo que no aplica (NA) a la exposición, a menos que la densidad de potencia fuera de 10 W/m^2, pero en el caso de nuestros resultados la potencia más alta medida fue de 64.4 μW/m^2 y se encuentra en la tabla 3 de mediciones a la distancia de 60 metros a la antena, es decir que estamos muy lejos de los límites de afectación.

El presente estudio fue definido con el objetivo de monitorear los EMF y permitirnos realizar comparaciones con los límites de exposición a la radiación, ahora concluimos en que los resultados son positivos, satisfactorios, comprobables y se han fundamentado para utilizarse como punto de partida para otras evaluaciones más analíticas resaltando la importancia de los requerimientos en la instalación de antenas.

Los instrumentos de medición son muy útiles, son un objeto básico de lectura rápida sin dejar de lado el correcto manejo de los conceptos, las unidades de medición y los modelos matemáticos establecidos. Es necesario que al utilizar cualquier herramienta de medición se compruebe también con el cálculo matemático, realizando deducciones para acreditar si el instrumento es confiable o no para una medición rápida.

El sensor utilizado es confiable porque las variaciones que presentó en la medición de densidad de potencia fueron muy próximas al comprobarlas matemáticamente con S=EH. Es cierto que hubo desviación en los resultados, pero la mayoría fueron de lecturas con valores mínimos, porque se utilizaron valores promedio de un grupo de valores instantáneos detectados por el medidor de RF. Los resultados y su interpretación son útiles para partir hacia una nueva perspectiva de estudio de las antenas, donde se profundice en la directividad, el ancho del haz, la determinación de la zona de Fresnel, entre otros.

Se destaca la importancia de que la expansión tecnológica sea estructurada y controlada en su reglamentación, dar seguridad y certeza a la población sobre la exposición a la radiación no ionizante para eliminar suposiciones e inseguridades sobre los efectos en la salud. Las estaciones base para telefonía móvil trabajan a frecuencias cada vez más altas entrando al rango de las microondas, su potencia puede variar hasta 50 watts dependiendo del área que se desea cubrir, es por ello que se propone la investigación y monitoreo constante para asegurar que la exposición está dentro de los rangos permitidos.

REFERENCIAS

Chou C, Bassen H, Osepchuk J, Balzano Q, Petersen R, Meltz M, Cleveland R, Lin J.C, & Heynick L. (1996). Radio Frequency Electromagnetic Exposure: Tutorial Review on Experimental Dosimetry. *Bioelectromagnetics*, 17(3), 195-208.

Cruz, V. (2009).Riesgo para la salud por radiaciones no ionizantes de las redes de telecomunicaciones en el Perú. M*edicina experimental y salud pública*, 26(1).

García, A. (2010). Cálculo de antenas. Marcombo. México.26-33.

GSMA. (2019). Some 700 millions new mobile suscribers by 2025. *The mobile Economy 2019*. 4-9.

ICNIRP. (2020). Icnirp guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields. *Health phys.* 118 (5), 483-524.

Instituto Federal de Telecomunicaciones IFT. (2019). Publicaciones en el diario Oficial de la Federación. Primera sección.

Salomón A. (2003). Horizonte sectorial*. Las Telecomunicaciones en México*, Vol. 53 (11), 1066-1071.

CAPÍTULO 8

SEGURANÇA VIÁRIA E SUA IMPORTÂNCIA PARA MOTORISTAS E PEDESTRES

Data de aceite: 10/01/2022
Data de submissão: 22/12/2021

Gustavo Henrique Freitas Matinha
Universidade Federal de Goiás - Faculdade de Ciências e Tecnologia
Discente da graduação em Engenharia de Transportes
Aparecida de Goiânia - Goiás

Irwin Arruda Sales
Universidade Federal de Goiás - Faculdade de Ciências e Tecnologia
Discente da graduação em Engenharia de Transportes
Aparecida de Goiânia - Goiás

Kleybson Silva Borges
Universidade Federal de Goiás - Faculdade de Ciências e Tecnologia
Discente da graduação em Engenharia de Transportes
Aparecida de Goiânia - Goiás

Carlos Eduardo Sanches de Andrade
Universidade Federal de Goiás - Faculdade de Ciências e Tecnologia
Docente das graduações em Engenharia de Transportes e Engenharia Civil
Aparecida de Goiânia - Goiás

RESUMO: A mobilidade é necessária para que o ser humano exerça sua liberdade de forma plena. Atualmente o transporte individual motorizado é um dos principais meios de locomoção, principalmente em países com economias emergentes, caso do Brasil. Como seres humanos são suscetíveis a falhas, é esperado que existam acidentes envolvendo esse meio de locomoção. Segundo a Organização Mundial da Saúde ocorrem 1,35 milhões de óbitos por ano em decorrência de acidentes de trânsito no mundo todo. Esse dado incentiva países a criarem medidas para mitigar o número expressivo de fatalidades. O presente trabalho tem o objetivo de agrupar e analisar dados obtidos em trabalhos científicos na área de segurança viária focando nas técnicas de combate às fatalidades e acidentes graves de trânsito.
PALAVRAS-CHAVE: Mobilidade, Segurança, Motorista, Pedestre.

ROAD SAFETY AND ITS IMPORTANCE FOR DRIVERS AND PEDESTRIANS

ABSTRACT: Mobility is necessary so that the human being may wholly exert their freedom. Nowadays motorized individual transport is one of the main means of locomotion, especially in emerging economies, such as Brazil. As humans are susceptible to failure, it is given that accidents involving such means of transport may occur. According to the World Health Organization, there are 1.35 million casualties every year, due to transport accidents all over the world. This data incentivizes countries to create measures to reduce the expressive number of fatalities. The present work has as its goal to group and analyze data obtained from scientific researches on the area of road safety, focusing on techniques that tackle fatalities and major injuries caused by traffic accidents.
KEYWORDS: Mobility, Safety, Driver, Pedestrian.

1 I INTRODUÇÃO

A demanda por deslocamento sempre foi uma carência do ser humano e conforme as cidades evoluem tornam-se necessárias políticas mais rigorosas para a segurança viária, dado que a população se torna cada vez mais suscetível a se envolver em acidentes.

Durante a antiguidade o deslocamento de pessoas e bens ocorria de forma rudimentar, sendo realizado na maior parte por animais ou por tração humana. Todavia, conforme as cidades cresciam, promovendo o adensamento de povos em pequenos centros urbanos, tornou-se necessário elaborar novos meios de locomoção. Essa demanda por um deslocamento mais satisfatório e eficiente conduziu a criação de políticas e projetos de mobilidade, originando o conceito de mobilidade urbana.

Segundo o Ministério das Cidades (2010), a mobilidade urbana é considerada um atributo das cidades que se refere às propriedades e condições do deslocamento de pessoas e bens no espaço urbano. Este deslocamento é realizado por meio de vias, veículos, calçadas, envolvendo toda infraestrutura que permita a movimentação de pessoas.

Atualmente, mesmo os avanços tecnológicos obtidos nas áreas de transporte e segurança, não possibilitaram que uma redução no número de acidentes de trânsito ocorresse, pelo contrário, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) tem-se 1,35 milhão de óbitos por ano em decorrência dos acidentes de trânsito em todo o mundo (ONSV, 2019). Esta situação é agravada ainda mais em países com economia emergente, uma vez que suas taxas de motorização têm crescido grandemente nas últimas décadas.

No Brasil, por exemplo, a taxa de motorização passou de 19,6 automóveis para cada 100 habitantes em 2008 (quando a frota nacional estava em torno de 37,1 milhões) para 31,5 automóveis/100 habitantes em 2018, situação ainda mais agravante em áreas metropolitanas (Azevedo e Ribeiro, 2019), como pode ser observado na Figura 1.
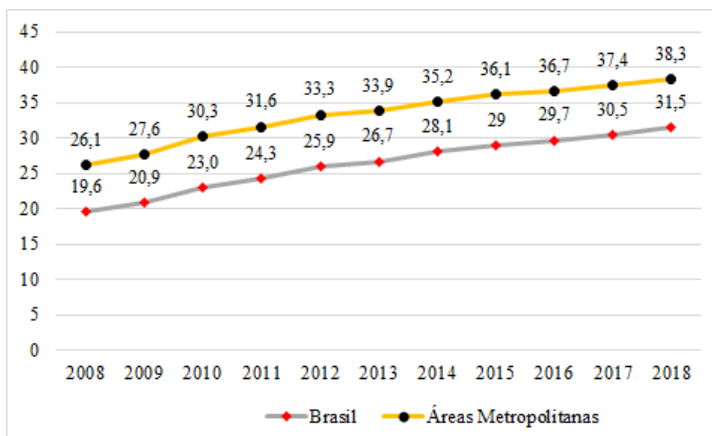
Figura 1: Taxa de Motorização por Automóveis no Brasil e Áreas Metropolitanas - 2008 a 2018.

O crescimento explicitado, juntamente às imprudências cometidas pelos condutores e as carências originadas da infraestrutura, torna o cidadão mais suscetível aos acidentes, principalmente os mais vulneráveis (pedestres, ciclistas e motociclistas).

Diante dessa problemática, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu em 2009, na Assembleia Geral, a década de 2011 a 2020 como a Década de Ação para Segurança Viária, tendo como objetivo reduzir pela metade o número global de óbitos e lesões no trânsito (ONU, 2009).

Com isto, foi estruturado o Plano Nacional de Redução de Acidentes e Segurança Viária, constituído por uma série de ações e medidas que visavam reduzir a taxa de mortalidade e lesões decorrentes dos acidentes de trânsito no país, por meio de procedimentos fundamentados em cinco pilares; fiscalização, educação, saúde, infraestrutura e segurança veicular, voltados a períodos de curto, médio e longo prazo (Ministério das Cidades, 2010).

Para isto, criou-se um conceito a ser utilizado para caracterizar vias seguras e também como um objetivo a ser alcançado. As "rodovias que perdoam" constituem vias seguras, com um índice extremamente baixo de acidentes, na qual, mesmo que venham a ocorrer, não resultam em óbitos, ou seja, a infraestrutura dessas rodovias permite que eventuais erros cometidos pelos usuários não sejam cobrados com a vida ou lesões graves.

Neste contexto, este trabalho busca relacionar a segurança viária ao conceito de "rodovias que perdoam", explicitando o cenário dos mais vulneráveis e como os gargalos da segurança os afetam. Para isso, serão avaliados trabalhos realizados englobando essa temática, evidenciando essa realidade no Brasil.

2 I REVISÃO DA LITERATURA

O conceito de "rodovias que perdoam" não é um assunto atual. Segundo Arai (2019), o departamento Sueco já implementou o paradigma de Visão Zero em 1997. Essa meta promovia a ideia de que lesões graves ou fatais não devem ocorrer em acidentes de trânsito, ou seja, é aceito e reconhecido que seres humanos cometem falhas, porém é inaceitável que mortes e ferimentos graves sejam a consequência desses erros. Entretanto, segundo Raia Jr e Santos (2005), esse conceito foi adotado erroneamente pelos gestores brasileiros como acidente zero.

Raia Jr (2009) explica que a Visão Zero possui duas principais áreas de atuação, a educação dos participantes do trânsito (são eles todas as entidades que são afetadas diretamente pelo trânsito) e a redução da gravidade dos acidentes através de medidas de fiscalização, infraestrutura, tecnologia e serviços de resgate. Portanto, essa visão assume que mesmo os excelentes sistemas de transportes são suscetíveis a falhas, entretanto, vidas não podem ser perdidas como resultado delas.

Sob a ótica do conceito de "rodovias que perdoam", foi realizado, no Brasil, o

levantamento de dois trabalhos. O primeiro, realizado por Resende (2018), explorou a rodovia estadual GO-010, em um trecho entre os municípios de Senador Canedo e Bonfinópolis, ambos no estado de Goiás.

Um levantamento das ocorrências junto à Polícia Rodoviária Estadual, somado às coordenadas geográficas dos locais, garantiu a confecção de um mapa, por meio de *software* de Sistema de Informação Geográfica, ao combinar os dados fornecidos pela Polícia com camadas de mapas da região. Além disso, foram utilizadas imagens via satélite para delimitar a área de estudo.

Em quase toda a extensão analisada, há ausência de sinalização vertical e horizontal, bem como falta de acostamentos, como no exemplo da figura 2. Além disso, ao adentrar a zona urbana, não há proteção lateral para resguardar pedestres do tráfego rápido, característico de uma rodovia. O número de óbitos no local analisado é de 6, com 140 ocorrências.

Figura 2: Sinalização horizontal (dispositivos auxiliares no solo) e vertical (semáforos e placas), com falta de acostamentos.

O uso de gradil, para coibir a travessia de pedestres por meio da rodovia e forçando-os a utilizar a passarela é indicado por Rodrigues (2021). Com a instalação deste dispositivo, percebeu-se uma diminuição em quatro vezes no número de acidentes, quando comparado àquelas sem gradil de proteção.

O segundo trabalho, de similar metodologia ao primeiro, executado pelos autores Carmo e Raia Junior (2016), verificou a quantidade de acidentes que ocorrem em rodovias federais que percorram um trecho urbano, no estado de São Paulo.

Foi constatado que, dos 34.946 acidentes de tráfego reportados, 962 foram as fatalidades computadas no período de 2010 a 2014. Dentre estas, 459 óbitos ocorreram com pedestres. Ou seja, apesar de representarem um pequeno percentual do número total de acidentes (1.252 atropelamentos), os pedestres respondem por quase metade das mortes que ocorrem nas zonas de conflito entre zona urbana e rodovia.

O surgimento dessas zonas de conflito se dá muitas vezes devido à invasão da faixa de domínio da rodovia, porção que deve permanecer sem obstáculos para vias de trânsito rápido, a fim de minimizar a chance de acidentes ocorrerem.

Além disso, é sugerida por Marohn Junior (2019) a ideia de vias que, apesar de estarem em perímetro urbano, são projetadas justamente para possuírem alta velocidade. Bastante presentes no Canadá e nos Estados Unidos, este conceito também é visto no Brasil, e mostra-se um sério risco à população.

Este tipo de construção é caracterizado como uma “*STROAD”* (junção das palavras de língua inglesa *Street* e *Road*). Ao tentar se atingir os objetivos de uma rua e de uma rodovia simultaneamente, os pedestres acabam sendo os maiores prejudicados, por haver um incremento nas distâncias e a velocidade de circulação dos automóveis aumentar, o que atua diretamente no incremento do número de acidentes e fatalidades, como visto em Ferraz *apud* Prado *et al.* (2018).

Para proporcionar maior segurança aos motoristas e pedestres, pode-se lançar mão de medidas moderadoras de tráfego, conhecidas como “*traffic calming*”. Essas medidas amplificam a segurança viária, por ocasionarem redução no volume de tráfego e redução na velocidade desenvolvida pelos veículos, segundo a BHTRANS (1999). Estas medidas podem ser compreendidas como a aplicação de técnicas de construção e regulamentação visando induzir os motoristas a dirigir em condições mais apropriadas com relação à segurança e ao meio ambiente (BHTRANS, 1999).

Uma das diversas aplicações de *traffic calming* é a plataforma, que consiste na elevação do nível da via e mudança na composição do material, para ser compatível com a calçada. Este tipo de construção muda o foco do transporte, pois dá destaque ao pedestre em vez do veículo. Uma vez que o desnível é experimentado pelo motorista, e não pelo pedestre, além da redução da velocidade, há um incentivo à movimentação pedonal, já que esta técnica de construção prioriza o fluxo do transporte não motorizado. Na Figura 3 é possível verificar algumas medidas moderadoras de tráfego sendo empregadas simultaneamente, como calçada contínua, faixa de pedestre elevada, sinalização e outras.

Figura 3: Medidas moderadoras de tráfego - calçada contínua, faixa de pedestre elevada, sinalização e outras.

A recuperação da infraestrutura como maneira de mitigar a quantidade e severidade de acidentes é sugerida por Souza e Sorratini (2015). Os autores apontam que características e condições viárias, apesar de subestimadas, participam na existência de acidentes, uma vez que levam os motoristas a tomarem decisões equivocadas enquanto conduzem seus veículos.

Segundo Tamayo *apud* Souza e Sorratini (2015), os principais fatores da infraestrutura viária que influenciam a ocorrência de acidentes são a geometria da via, ausência ou presença de sinalização e as condições do pavimento.

Muitas ações podem ser implementadas visando aumentar a segurança viária. Essas ações são dirigidas aos seguintes elementos da segurança viária: Vias; Veículos; Usuário e Meio Ambiente.

Considerando as ações nas Vias, deve-se evitar traçados sinuoso, monótono, curvas horizontais fechadas e curvas verticais com grande inclinação. As vias devem prover de uma boa pavimentação (estrutura e superfície) e seção transversal adequada (largura das faixas, acostamentos, canteiro central e calçada). Além de diversas outras características, como: iluminação, travessia para pedestres, sinalização, acessos, etc.

Considerando as ações nos Veículos, os mesmos devem se encontrar em bom estado de conservação e de manutenção e que preferencialmente, possua tecnologias voltadas para a segurança dos motoristas (como *air bag*, por exemplo).

Analisando o Usuário, o projeto viário deve ser simples, para não confundir o

motorista. Devem ser implantadas campanhas de conscientização de boas práticas de direção e fiscalização do cumprimento da legislação pelos motoristas (lei seca, radares eletrônicos, etc.).

Analisando o Meio Ambiente, deve-se realizar ações sobre previsão e divulgação de eventos climáticos extremos (chuvas, neblina, etc.) que afetem as condições de dirigibilidade, e quando necessário, realizar o controle e desvio do tráfego. Implantação de projeto de vias que minimize os efeitos de intempéries climáticas.

Por vezes, a recuperação da infraestrutura como sugerida pode ser de difícil execução, devido a restrições orçamentárias ou de espaço. Entretanto, diversos dispositivos, como balizadores, mostram-se eficazes na redução do número de acidentes em rodovias (Rodrigues, 2020). Muitas vezes, as implantações de dispositivos de redução de velocidade no tráfego são necessárias para reduzir o número de acidentes no trânsito, como: radares de fiscalização eletrônica, lombadas e chicanas, conforme exemplo da figura 4.

Figura 4: Dispositivos de redução de velocidade - lombada e chicana.

Além disso, o conceito das “rodovias que perdoam” está ligado a segurança viária não somente na parte infraestrutural, bem como no desenvolvimento de novas tecnologias, educação no trânsito e repensamento da construção das novas rodovias sob este novo paradigma.

3 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

A massificação do uso do automóvel, como consequência do crescimento urbano nas últimas décadas trouxe consigo um aumento expressivo do número de acidentes e óbitos nas rodovias brasileiras. Esta realidade já é confrontada em outros países, como visto na Suécia, onde busca-se zerar o número de fatalidades nas rodovias.

Partindo do ponto de vista dos programas analisados e levando em consideração os trabalhos levantados, é possível identificar que rodovias como a GO-010 ainda não possuem infraestrutura básica para ser caracterizada como uma ‘rodovia que perdoa’, nem possuindo um número nulo de óbitos. Essa conclusão é preocupante pois significa que

algumas rodovias no Brasil estão longe de promoverem a segurança necessária para a redução de perda de vidas.

Em contraste a esses dados, a pesquisa de Carmo e Raia Junior (2016) mostrou que muitas das rodovias federais em São Paulo possuem boas condições de infraestrutura básica, porém pecam no número de fatalidades principalmente dos pedestres que estão inseridos no meio rodoviário urbano. Por mais que a proporção entre acidentes e fatalidades seja de aproximadamente 3%, sem levar em consideração os dados de lesões graves, esse é um número grande quando o objetivo é seguir a Visão Zero.

Levando em consideração as informações que Carmo e Raia Jr (2016) criaram, também é possível concluir que, à medida em que rodovias se integram com o meio urbano, o conflito entre pedestres/modos não motorizados e automóveis se agrava. Essa afirmação se sustenta no trabalho de Prado *et al*. (2018), que descobriu uma forte correlação entre o índice de mortes para cada 100 mil habitantes e o índice de mobilidade para os modos individuais e não motorizados.

A Visão Zero e as ‘rodovias que perdoam’ são conceitos relevantes para a segurança viária que tentam diminuir ao máximo a perda de vidas nos acidentes. Entretanto, com base nas informações encontradas no presente trabalho, é possível concluir que o Brasil possui graves deficiências na segurança viária e está longe de alcançar as metas apresentadas. Não só possui índices insatisfatórios com relação à comunidade internacional, mas em algumas ocasiões não consegue contemplar a infraestrutura básica para que uma rodovia seja segura. Portanto, faz-se necessário a mobilização das entidades governamentais para mitigar e atacar o problema de segurança viária fazendo com que o país possua de fato ‘rodovias que perdoam’.

REFERÊNCIAS

Arai, A. J. C. **Comparação dos elementos previstos para as “rodovias que perdoam” da CEDR com as normas brasileiras**. 2019. xi, 80 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) —Universidade de Brasília, Brasília.

Azevedo, S. e Ribeiro, L. C. Q. **Mapa da motorização individual no Brasil 2019**. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional - IPPUR. Rio de Janeiro, 2019.

BHTRANS. EMPRESA DE TRANSPORTES E TRÂNSITO DE BELO HORIZONTE. **Manual de Medidas Moderadores de Tráfego: Traffic Calming**, Belo Horizonte, 1999.

Carmo, C. L. e Raia Junior, A. A. **Segurança viária em trechos urbanos de rodovias federais no estado de São Paulo, Brasil**. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Alagoas, 2016.

Marohn Junior, C. L. **Strong Towns: A Bottom-Up Revolution to Rebuild American Prosperity.** Hoboken, New Jersey, 2019.

Ministério das Cidades. **Plano Nacional de Redução de Acidentes e Segurança Viária para a década 2011 - 2020**. Brasília, DF, 08 de setembro de 2010.

ONSV. Observatório Nacional de Segurança Viária, São Paulo, 2019. Disponível em: https://www.onsv.org.br/oms-divulga-relatorio-sobre-mortes-no-transito-e-sugere-reducao-de-velocidade-em-areas-urbanas/ Acesso em 21/12/2021.

ONU. Resolução ONU n°. 2, de 2009 - **Proposta do Brasil para redução de acidentes e segurança viária**.

Prado, A. C. O.; Diniz, C. M. e Raia Junior, A. A. **Relação entre mobilidade urbana e segurança viária**. ANAP Brasil, 2018. v. 11, n. 23, p. 44-57.

Raia Jr, A. A. e Santos, L. **Acidente zero: utopia ou realidade**. Anais do XV Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito, Goiânia, 2005.

Raia Jr, A. A. **A responsabilidade pelos acidentes de trânsito segundo a visão zero**. Revista dos Transportes Públicos - ANTP - Ano 31 - 2009 - 1º quadrimestre.

Resende, L. R. **Segurança viária: Análise técnica na GO 010 de Senador Canedo/GO à Bonfinópolis/GO**. Centro Universitário de Goiás Uni-Anhanguera, Goiás, 2018.

Rodrigues, F. **Plano Setorial de Transportes Terrestres - Rodovias que Perdoam - Fase de Desenvolvimento**. Brasília, 2020. Disponível em http://transitolivre.org.br/reducao-de-acidentes-e-tema-de-webinar/ Acesso em 21/12/2021.

Souza, P. M. e Sorratini J. A. **Influência das características de infraestrutura na segurança viária**. Anais do XXIX Congresso Nacional de Pesquisa em Transportes, ANPET, Ouro Preto, 2015, v. 1, p. 1449-1453.

SOBRE O ORGANIZADOR

CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE - Mestre e Doutor em Engenharia de Transportes. Possui 2 graduações: Administração (1999) e Engenharia de Produção (2004) ; 3 pós-graduações lato sensu: MBA em Marketing (2001), MBA em Qualidade e Produtividade (2005) e Engenharia Metroferroviária (2017) ; e 2 pós-graduações stricto sensu - Mestrado e Doutorado em Engenharia de Transportes pela COPPE/UFRJ (2009 e 2016). É professor adjunto da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Goiás (FCT/UFG), das graduações em Engenharia de Transportes e Engenharia Civil. É coordenador de estágio do curso de Engenharia de Transportes da FCT/UFG. Atuou como Engenheiro de Operações do Metrô do Rio de Janeiro por mais de 15 anos (2003 - 2019), nas gerências de: Planejamento e Controle Operacional, Engenharia Operacional, Operação, Inteligência de Mercado, Planejamento de Transportes e Planejamento da Operação Metroviária (de trens, das linhas de ônibus Metrô Na Superfície, e das estações metroviárias). Experiências acadêmica e profissional nas áreas de: Engenharia de Transportes, Operação de Transporte, Planejamento da Operação, Transporte Público, Sustentabilidade, Engenharia de Produção, Gestão, Administração e Engenharia de Projetos, atuando principalmente nos seguintes temas: operação, avaliação de desempenho operacional, ferramentas de gestão e de controle operacional, documentação operacional, indicadores de desempenho, planejamento da operação, satisfação dos usuários de transporte, pesquisas e auditoria de qualidade, sustentabilidade, emissões de gases do efeito estufa em sistemas de transportes, planejamento e acompanhamento de projetos de engenharia e de melhoria em sistemas de transporte.

ÍNDICE REMISSIVO

B

C

D

E

F

G

I

L

M

N

P

Q

R

S

T

W

Z

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED TRANSPORT ENGINEERING

Ano 2022

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED TRANSPORT ENGINEERING

Ano 2022